

Kunnonvalvonnan kehittäminen Metso Oy Jyväskylän konepajalla

Juho Tuomisalo

Opinnäytetyö
Helmikuu 2013

Paperikoneteknologian koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) TUOMISALO, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 18.02.2013
	Sivumäärä 62	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN METSO OY JYVÄSKYLÄN KONEPAJALLA		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologia, kunnossapito		
Työn ohjaaja(t) MARJAKOSKI, Mikko Jyväskylän ammattikorkeakoulu		
Toimeksiantaja(t) IMMONEN, Jari Metso Oyj Jyväskylä, Rautpohja		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kunnonvalvontaa Metso Oy Jyväskylän konepajalla. Työssä määritettiin ennalta määrätyille viidelle kriittiselle laitteelle kunnonvalvontakohteet – ja menetelmät, mittavälit sekä pohdittiin mittausten toistettavuutta ja reititystä. Kunnonvalvonnassa koneen kuntoa havainnoidaan erilaisin menetelmin ja näin voidaan saada aikaan huomattavia säästöjä, koska kunnossapitotyöt suoritetaan täten oikea-aikaisesti ja vain silloin kuin koneen kunto sitä vaatii. Toisin sanoen kunnonvalvonnan avulla turha koneen kunnossapito, häiriökorjaaminen ja seison-ta-aika pyritään minimoimaan optimoimalla ja ennustamalla kunnossapidon tarve.</p> <p>Työn alkuvaiheessa etsittiin teoriatietoa kunnonvalvontaan liittyen erilaisista lähteistä, kuten kun-nossapidon kirjallisuus, standardit ja verkkojulkaisut. Teorian pohjalta luotiin käsitys työn suoritta-misesta ja siihen liittyvistä vaiheista. Työn suorituksessa ja erityisesti kunnonvalvontakohteiden määrityksessä kullekin laitteelle käytettiin apuna operaattoreita ja kunnossapitohenkilöstöä, koska heillä oli paras tieto koneista ja kriittisistä koneenosista joita tulisi valvoa. Myös koneiden vikahisto-ria oli apuna kohteiden määrityksessä. Kunnonvalvontamenetelmien ja mittavälien valinnassa käy-tettiin apuna kunnossapidon kirjallisuutta ja kunnonvalvontaan liittyviä standardeja.</p> <p>Ennen opinnäytetyön aloittamista ei konepajalla oltu suoritettu säännöllistä kunnonvalvontaa, joten työ oli hyvä lähtölaukaus kyseisen toiminnan aloittamiselle ja työn pohjalta on kunnonvalvontatoi-mintaa hyvä laajentaa kattamaan myös muu konepajan konekanta.</p>		
Avainsanat(asiasanat) Kunnossapito, Kunnonvalvonta, Konepaja, Työstökone		
Muut tiedot		



Author(s) TUOMISALO, Juho	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 18.02.2013
	Pages 62	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title DEVELOPMENT OF CONDITION MONITORING AT METSO OY JYVÄSKYLÄ WORKSHOP		
Degree Programme Paper machine technology, maintenance		
Tutor(s) MARJAKOSKI, Mikko JAMK University of Applied Sciences		
Assigned by IMMONEN, Jari Metso Corporation, Jyväskylä		
<p>Abstract</p> <p>The aim of this bachelor's thesis was to develop condition monitoring at Metso Jyväskylä workshop. The condition monitoring plan was developed for five critical machines which were designated in advance. This study contains condition monitoring targets and methods, measurement intervals, and it also takes a stance on measurement repeatability and route management for all five machines. The aim of condition monitoring is to monitor machine's condition with different methods so all of the maintenance tasks are performed based on machine's condition. This saves money because unnecessary maintenance, on-call maintenance and down time are big losses.</p> <p>In the beginning of the study information about condition monitoring was searched from different kind of sources, for example from maintenance literature, standards and from the internet. Based on this theory the study's execution plan was made. During the study's execution and especially when determining the condition monitoring targets for each machine the help from operators and maintenance staff was used because they had the best knowledge about those machines. Also fault history was used when determining the condition monitoring targets. The condition monitoring methods and intervals were based on maintenance literature and standards.</p> <p>Before this study there was not any kind of regular condition monitoring used at the workshop. This study was a pilot project for this kind of actions to get started. Based on this study condition monitoring can be expanded to cover all the machines at the workshop.</p>		
Keywords Maintenance, Condition monitoring, Workshop, Machine tool		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn tavoitteet ja rajaus	5
1.2	Tutkimusmenetelmät.....	6
2	METSO-KONSERNI	6
2.1	Metso Paper Oy Jyväskylä	7
2.2	Tehdaspalvelu	8
3	KUNNOSSAPITO.....	8
3.1	Kunnossapitolajit	10
3.2	Kunnossapidon talous	10
4	KUNNONVALVONTA	12
5	RCM	14
5.1	Kokemusperäinen RCM	14
6	KUNNONVALVONTAKOhteiden MÄÄRITTÄMINEN.....	15
7	KUNNONVALVONTAMENETELMÄT JA KUNNONVALVONNAN SUUNNITTELUSSA ETENEMINEN	16
7.1	Värähtelymittaukset	17
7.1.1	Herätetaajuudet	17
7.1.2	Valvottavat asiat	18
7.1.3	Mittapaikan ja menetelmän valinta.....	18
7.2	Lämpötilamittaukset	19
7.2.1	Koskettavat ja koskemattomat menetelmät	19
7.2.2	Lämpökamera	20
7.3	Voiteluaineanalyysit.....	20
7.3.1	Viskositeetti	20

7.3.2	Vesipitoisuuden mittaaminen	21
7.3.3	Lämpötilan mittaaminen ja puhtausluokka	21
7.3.4	Ulkonäkö ja näytteenotto	22
7.4	Aistinvarainen tarkastelu	22
7.5	Muut menetelmät	23
7.5.1	Koneen kunnon mittaukset	23
7.5.2	Työkappaleiden laadun seuranta	23
7.6	Hälytysrajat	24
7.7	Mittausvälit	24
7.7.1	P-F ajan määrittäminen	25
7.8	Reititys ja toistettavuus	25
7.9	Mittauksien analysointi ja raportointi	26
7.10	Toiminnan seuranta ja kehitys	26
8	KUNNONVALVONTASUUNNITELMAN MÄÄRITTÄMINEN METSO OY JYVÄSKYLÄN KONEPAJALLE	27
8.1	Valitut koneet	27
8.1.1	Telahiomakone HI-96	28
8.1.2	Laakapora LP-30	29
8.1.3	Laakapora LP-31	30
8.1.4	Kärkisörvi S-254	31
8.1.5	Telasorvi S-259	32
8.2	Kunnonvalvontakohteiden ja menetelmien valinta	33
8.3	Mittausvälit	34
8.4	Reititys ja toistettavuus	35
8.5	Raportointi ja seuranta	35
9	TULOSTEN YHTEENVETO	36
9.1	Kunnonvalvonnan toteuttaminen	39
9.2	Toiminnan tehokkuuden mittarointi	40
9.2.1	Kunnossapitotoiminnan nykytila	42

9.3 Kehityskohteet.....	42
10 POHDINTA.....	43
11 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	47
LIITTEET	50
Liite 1. Kunnonvalvontasuunnitelma	50
Liite 2. Kokemusperäinen RCM.....	62
Liite 3. Kunnossapitokustannukset (salainen)	

KUVIOT

KUVIO 1. Kunnossapitolajit	9
KUVIO 2. Kunnossapidon kustannusjäävuori.....	11
KUVIO 3. Suunnitellun kunnossapidon optimialue.	12
KUVIO 4. Kokemusperäinen RCM	15
KUVIO 5. P-F käyrä sisältäen vierintälaakerin oireita ennen vikaantumista. ..	17
KUVIO 6. Anturin paikan valinta	19
KUVIO 7. HI-96.	28
KUVIO 8. LP-30.....	29
KUVIO 9. LP-31.....	30
KUVIO 10. S-254.....	31
KUVIO 11. S-259.....	32
KUVIO 12. Kunnonvalvontakortti.....	36
KUVIO 13. Havaintoilmoitus	40
KUVIO 14. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut	41
KUVIO 15. Kunnonvalvonnan tuottosuhte	41

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Mittaväli 3-4 kk.	38
TAULUKKO 2. Mittaväli 6 kk.	38

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli kunnonvalvonnan kehittäminen Metso Paper Oy Jyväskylän konepajalla. Aihe oli kunnossapitopäällikkö Jari Immosen ehdotus ja jo heti alussa huomasin aiheen haastavuuden. Suunnitelmallista mittaavaa kunnonvalvontaa ei oltu konepajassa sovellettu aiemmin, joten opinnäytetyö toimi aloitusprojektina kyseiselle toiminnalle. Suunnitelmallisen kunnonvalvonnan avulla voitaisiin kunnossapitokustannuksissa saada huomattavia säästöjä, kun koneiden häiriökorjaaminen vähenee ja seisonta-ajat lyhenevät. Mielenkiintoisen aiheesta teki sen haastavuus, käytännönläheisyys ja sillä saavutettavat mahdolliset taloudelliset säästöt ja toiminnan kannattavuuden kasvu. Aihe oli haastava, sillä konepajan kunnonvalvonnasta ei juuri lähdemateriaalia löytynyt, mutta soveltaen prosessiteollisuuden kunnonvalvonnan periaatteita pääsin hyvin alkuun työssäni.

1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn tavoitteena oli selvittää kunnonvalvontakohteet viidelle eri työstökoneelle, jotka olivat kaksi laakapora, kaksi sorvia sekä yksi hiomakone. Kun kunnonvalvontaa vaativat kohteet olivat selvillä, niin valitsin sopivat kunnonvalvontamenetelmät kullekin kohteelle seuraavista: silmäääräinen tarkastelu, värähtelymittaukset, lämpötilamittaukset (esimerkiksi lämpökamera), öljyanalyysit (esimerkiksi puhtausluokka, kosteus, viskositeetti, lämpö) ja kiertovoitelun kierron toimivuuden tarkastelu. Opinnäytetyössä keskityttiin Immosen toiveiden mukaan seuraavien koneiden kunnonvalvonnan suunnitteluun:

- Laakapora (LP-30 Skoda)
- Laakapora (LP-31 FPT)
- Sorvi (S-254 Poreba)
- Sorvi (S-259 Innse)
- Hiomakone (HI-96).

Opinnäytetyössä olisi myös käytävä ilmi kuinka usein mittaukset tulee tehdä sekä miten mittausolosuhteet olisivat joka kerralla mahdollisimman samanlaiset. Saadut tulokset tuli tallentaa kunnossapitojärjestelmä Arrowiin mahdollisuuksien mukaan ja tehdä kunnonvalvontaa tukeva reititys. Opinnäytetyön pohjalta voitaisiin sovelletusti rakentaa koko konepajan konekannan kattava kunnonvalvontaohjelma.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön teossa on käytetty empiiristä eli kokemusperäistä tutkimusta. Empiirisen tutkimuksen tutkimustulokset saadaan tekemällä konkreettisia havaintoja tutkimuskohteesta ja analysoimalla sekä mittaamalla sitä. (Empiirinen tutkimus 2013.) Työssäni empiiristä tutkimusta on hyödynnetty tutkittaessa valittujen laitteiden vikahistoriaa, haastatteleamalla koneenkäyttäjiä ja toimihenkilöitä sekä tutkimalla koneita paikan päällä. Haastatteluihin liittyy lisäksi laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään ymmärtämään kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä kokonaisvaltaisesti. (Laadullinen tutkimus 2013.) Kyseisiä tutkimusmenetelmiä on hyödynnetty työn eri vaiheissa, kuten teorian keruussa ja analysoinnissa sekä työn toteutuksessa. Empiirisen tutkimuksen hyödyntäminen työssä oli perusteltua, sillä kokemustiedon kerääminen oli paras keino kunnonvalvontaa vaativien kohteiden määrittämisessä, koska paras tieto koneista oli koneenkäyttäjillä ja koneista vastuussa olevilla toimihenkilöillä, ei pelkästään kunnossapitojärjestelmän vikahistoriassa.

2 METSO-KONSERNI

Metso on globaali prosessiteollisuuden teknologia- ja palvelutoimittaja, joka toimii kaivos-, maarakennus-, massa ja paperi-, voimantuotanto- sekä öljy- ja kaasualoilla. Metson päämarkkina-alueet ovat Eurooppa, Pohjois-Amerikka,

Aasia ja Tyynenmeren alue. Näistä erityisesti Aasian markkinaosuus on jatkuvassa kasvussa. Metso-konsernin liikevaihto vuonna 2011 oli 6 646 miljoonaa euroa, josta yli puolet tuli paperi- ja kaivosteollisuudesta. Metson liiketoiminta on jaettu kolmeen perussegmenttiin: kaivos- ja maarakennus, automaatio sekä massa-, paperi- ja voimantuotanto. Kaikilla aloilla palvelutoiminnan merkitys on huomattava, sillä jo 45 prosenttia liikevaihdosta on palvelutoiminnan ansiota. Metso työllistää noin 30 000 henkilöä ympäri maailmaa. Metson tavoitteena pitkällä aikavälillä on kestävä ja kannattava kasvu yrityksenä. Lyhyen aikavälin tavoitteet liittyvät kilpailukyvyyn ja tuottavuuden parantamiseen sekä kannattavuuden turvaamiseen. (Metso lyhyesti 2012.)

2.1 Metso Paper Oy Jyväskylä

Rautpohjassa toimiva Metso Paper Oy Jyväskylä on yksi Metson paperikoneteknologiaan keskittyvistä yksiköistä. Paljon on muuttunut sitten vuoden 1938, jolloin Valtion tykkitehdas aloitti toimintansa tontilla: valimo käynnisti toimintansa vuonna 1949 ja vuonna 1953 Metso Jyväskylä toimitti ensimmäisen paperikoneensa. Sittemmin muun muassa koelaitoksen ja teknologiakeskuksen valmistumisten myötä vanha tykkitehdas oli vain kaukainen muisto. Matka paperikoneteollisuuden huipulle onkin vaatinut monia liikealueiden muutoksia, fuusioita ja lukemattomia miestyötunteja. (Rautpohjan intranet 2012.)

Nykyisin Rautpohjan tuotanto keskittyy paperikoneen määränpään tuotantoon sekä telatuotantoon. Määränpään tuotanto koostuu perälaatikkovalmistuksesta, osavalmistuksesta, raskaasta koneistuksesta sekä viira- ja puristinosien esikokoonpanosta. Telatuotannon tuotteita ovat Sym-telat, imutelat, valurautatelat, kuivatussylinterit ja Vac-telat. Metso Paper Oy Jyväskylän tuotekirjo kattaa paperi- ja kartonkikoneet, koneparannukset, erilaiset komponentit, telat sekä automaatio-, hydraulikka- ja voitelujärjestelmät. Myös telahuolto, kunnossapito- ja varaosapalvelut kuuluvat tarjontaan. Rautpohjassa on hyvät puitteet tä-

mänkältaisen liiketoiminnan harjoittamiselle: valimo mahdollistaa telojen valinnan ja koekoneilla uutta teknologiaa pääsee käytännössä testaamaan. Lisäksi tuotanto- ja huoltotilat sekä tarvittavat työstökoneet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Vuonna 2009 Rautpohjan henkilöstömäärä oli noin 1500, josta toimihenkilöiden osuus oli noin kaksi kolmasosaa ja loput työntekijöitä. (Rautpohjan intranet 2012.)

2.2 Tehdaspalvelu

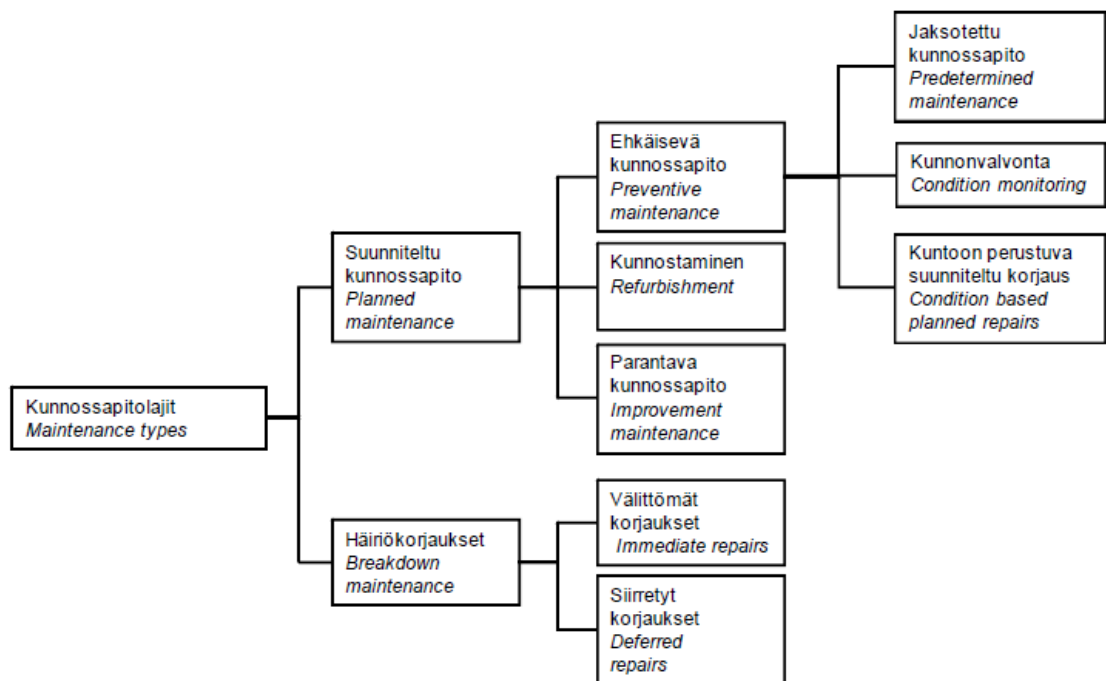
Tehdaspalvelu on tukitoiminto, joka palvelee Metso Paper Oy Jyväskylän tuotantoa. Tehdaspalvelun vastuualueet ovat kiinteistöpalvelut, kiinteistön ja tuotannon investoinnit, työvälinepalvelut sekä konehuolto. Koneiden huolto on ulkoistettu Konecranesille, mutta monet kunnossapidon toiminnanohjaukseen ja hankintoihin liittyvät tehtävät ovat Metson omissa nimissä.

3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidolla pyritään pitämään laite vaaditussa kunnossa tai kunnostetaan se normaaliin toimintakuntoonsa. Olennaisena osana kunnossapitoa voidaan pitää myös kaikkia niitä hallinnollisia ja johtamiseen liittyviä toimenpiteitä, joilla pyritään ylläpitämään tai palauttamaan laitteen toimintakyky sellaiseksi, että se pystyy suorittamaan siltä vaaditun toiminnon. (Mikkonen 2009, 26.) Oheisten määritelmien perusteella voidaankin todeta, että kunnossapito on myös paljon muuta kun vaan laitteiden korjaamista. Kunnossapito vaatii taloudellisia panostuksia, mutta monesti sen tuomat hyödyt ovat kuluja arvokkaammat. Onnistuneella ja optimoidulla kunnossapidolla vikoja voidaan ennaltaehkäistä ja myös odottamattomat seisokit vähenevät. Tällä on suora vaikutus yrityksen tuottavuuteen, sillä tuotannon menetykset, hidastunut tuotanto ja laatuongelmat vaikuttavat negatiivisesti yrityksen tulokseen. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2011, 12–13.)

Onnistuakseen tehokas kunnossapito vaatii ammattitaitoisen kunnossapito-henkilöstön ja selkeän kunnossapitostrategian. Kunnossapidon tulee voida toteuttaa sen tärkeimmän tehtävänsä – valmistusprosessin tehokkuuden optimoinnin mahdollisimman hyvin. Kunnossapito onkin tukitoiminto, joka palvelee tuotantoa, mahdollistamalla korkean käytettävyyden. Kunnossapidon oman toiminnan tehokkuus on tärkeysjärjestyksessä vasta seuraavalla sijalla. (Järviö ym. 2011, 14.)

Kunnossapito voidaan jakaa eri lajeihin. Esitystapoja on useita, mutta standardissa PSK 7501 esiintyvä jaottelu on yleisesti käytössä. Siinä kunnossapito jaetaan kahteen pääryhmään, jotka ovat suunniteltu kunnossapito ja häiriökorjaus. (PSK 7501, 2010, 32.) Kuviossa 1 käyvät ilmi eri kunnossapitolajit.



KUVIO 1. Kunnossapitolajit. (PSK 7501, 2010, 32.)

3.1 Kunnossapitolajit

Suunniteltu kunnossapito koostuu ehkäisevästä kunnossapidosta, kunnostamisesta ja parantavasta kunnossapidosta. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on pitää yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palauttaa heikentynyt toimintakyky ennen kuin vika syntyy tai estää vaurion syntyminen. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat jaksotettu kunnossapito, kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus. (PSK 6201, 2011, 22.)

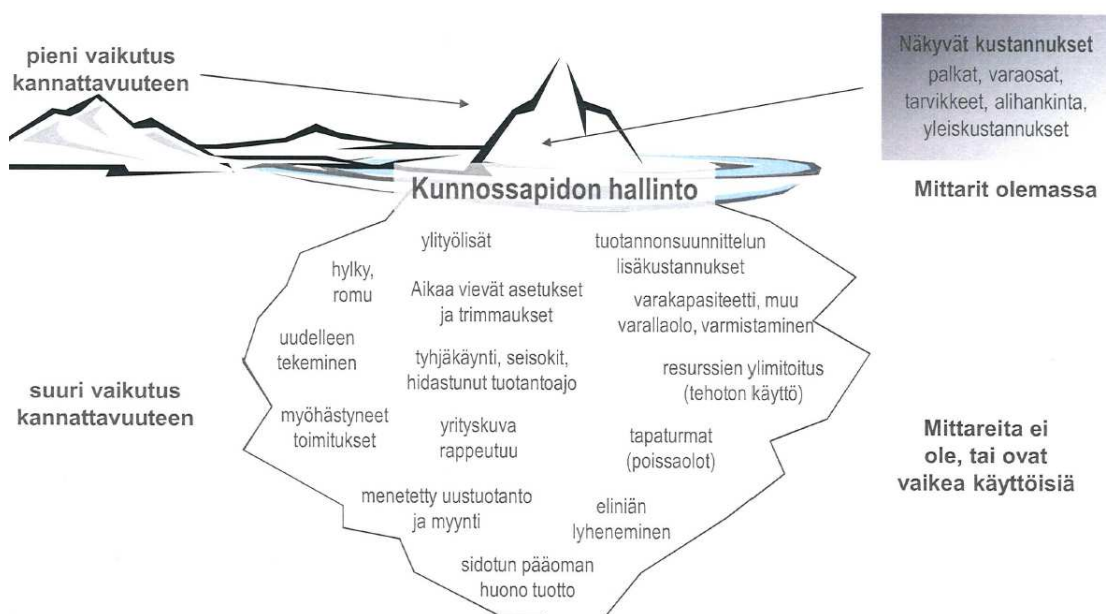
Kunnostamisella tarkoitetaan niitä toimenpiteitä joilla kulunut tai vaurioitunut käytöstä pois otettu kohde palautetaan sen normaaliin käyttökuntoon. Kun taas parantavan kunnossapidon tavoitteena on parantaa kohteen kunnossapidettävyyttä ja/tai luotettavuutta ilman, että kohteen suorittama toiminto muuttuu. (PSK 6201, 2011, 23.)

Häiriökorjaus on kunnossapitoa, jota tehdään vasta vian ilmettyä ja sillä palautetaan vikaantunut kohde toimintakuntoon ja alkuperäiseen käyttöturvallisuuteensa. Häiriökorjaus voidaan jakaa siirrettyyn ja välittömään korjaukseen. Siirretyssä häiriökorjauksessa kohteen korjausta siirretään myöhempään ajankohtaan, johtuen esimerkiksi vian vähäisestä vaikutuksesta. Välitön häiriökorjaus on heti vian ilmettyä tapahtuvaa korjausta. (PSK 6201, 2011, 23.)

3.2 Kunnossapidon talous

Kunnossapidosta puhuttaessa on hyvä muistaa, että sen tuomat hyödyt ovat monesti epäsuoria ja kulut suoria kustannuksia. Hyvin suunniteltu ennakko-huolto voi säästää paljon rahaa, kun tuotannon menetykset ovat minimissään, mutta kunnossapitohenkilöstön palkat, työvälineet, varaosat ja muut vastaavat kunnossapidon menoerät ovat aina selvästi näkyviä suoria kustannuksia. Suurin hyöty kunnossapidolla saadaan usein hyvin optimoidulla ennakko- huollolla, koska siinä kalliit tuotannon menetyskustannukset ovat pienemmät kuin häiriökorjauksessa. (Mäki 2010.) Esimerkiksi koneen ennakko- huolto vuodessa

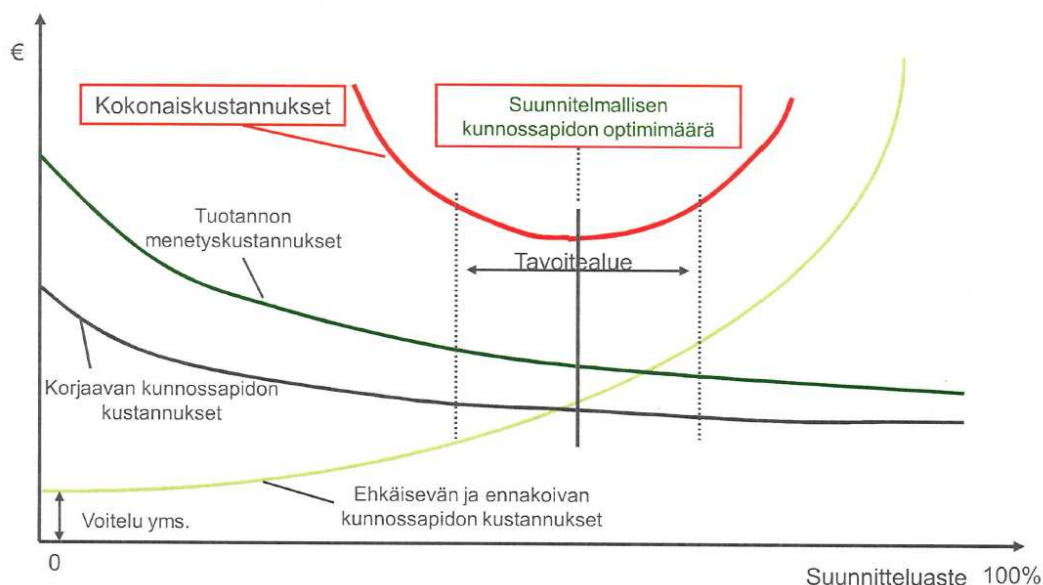
voi maksaa esimerkiksi 20 000 euroa, mutta jos kone ajetaan vikaan ja se joudutaan pysäyttämään viideksi tunniksi korjauksen takia, niin tuotannon menetyskustannukset voivat olla esimerkiksi 2000 euroa/tunti. Kuvio 2 kuvaa kunnossapidon kustannuksia: pinnan päällä olevilla kustannuksilla on pieni vaikutus kunnossapidon kokonaiskustannuksiin, kun taas pinnan alle jäävällä osalla on erittäin suuri vaikutus kunnossapidon kokonaiskustannuksiin. Oikein optimoidulla ennakkohuollolla voidaan pinnan alle jäävän osan kustannuksia pienentää.



KUVIO 2. Kunnossapidon kustannusjäävuori. (Mäki & Marjakoski 2010.)

Kunnossapidossa on myös tärkeää löytää oikea ennakoivan – ja korjaavan kunnossapidon suhde. Oikea ennakoivan kunnossapidon taso löytyy kun asteittain lisätään ja vähennetään ennakoivan kunnossapidon määrää ja samalla seurataan muutosten vaikutusta kunnossapidon kokonaiskustannuksiin. Tähän olennaisena osana kuuluu tietty määrä korjaavaa kunnossapitoa. (Rossi 1993, 14.) Kuvio 3 esittää kunnossapidon optimialuetta. Ennakkohuollon tarpeellisuutta on aina syytä pohtia tarkoin, sillä huoltojen tulee olla taloudellisesti

kannattavia ja perusteltavissa pitkällä aikavälillä. Joskus voi siis olla myös kannattavinta korjata kohde vasta vian ilmettyä. (Moubray 1997, 292.)



KUVIO 3. Suunnittelun kunnossapidon optimialue. (Mäki & Marjakoski 2010.)

4 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonnan tavoitteena on valvoa konetta menetelmillä, joilla voidaan luotettavasti havaita todennäköiset viat ja niiden kehittymistä voidaan seurata ja näin ollen määrittää oikea koneen kuntoon perustuva korjausajankohta tai huoltotoimenpide. Reagointiaikaa jää mahdollisimman paljon, kun alkavasta vikaantumisesta kertovat oireet havaitaan ajoissa. Kunnonvalvonnan perusajatuksena on siis, että jokaista vaurioitumista edeltää joukko erilaisia muutoksia koneen käyttäytymisessä ja näitä muutoksia voidaan aistein tai soveltuvin kunnossapitomenetelmin seurata ja ennustaa, ja täten myös vaurioituminen on usein mahdollista estää tai ainakin vähentää sen seurauksia. Toisin sanoen kunnonvalvonnan avulla pyritään maksimoimaan koneen turvallisuus, käytettävyys ja tehokkuus, eli pitämään kone tilassa jossa se pystyy suorittamaan siltä vaaditun toiminnon vaaditulla suorituskyvyllä. (Mikkonen 2009, 140.) Lisäksi kunnonvalvonnan avulla koneen korjaustarve ja varaosahankin-

nat voidaan ajoittaa todellisten tarpeiden mukaan: turhat osien vaihdot jäävät pois (Rossi 1993, 29). Kaikesta tästä päätellen voidaan todeta, että onnistuneen kunnonvalvonnan avulla voidaan säästää paljon rahaa kunnossapitokustannuksissa ja parantaa yrityksen tuottavuutta minimoimalla tuotannon katkokset.

Koneiden ja laitteiden käyttöikä ja vikaantumismekanismit riippuvat vain vähän laitteen käyttöiästä, sillä satunnaisia vikaantumisia on useimmiten noin 80 % syntyvistä vaurioista. Vikaantumismekanismit tuntemalla voidaan määrittää kohteelle soveltuvat kunnonvalvontamenetelmät. Vikaantumismekanismit ovat sellaiset vikaantumiseen johtavat fyysiset, kemialliset tai muunlaiset prosessit, jotka ovat aistein tai mittauksin havaittavissa. Esimerkkinä laakerien kuluminen, joka aiheuttaa tärinää, on mahdollista seurata värähtelymittauksin. (Mikkonen 2009, 140.)

PSK 5704:n mukaan kohteen kunnon arviointi on teknisesti mahdollista toteuttaa kun:

- Raja-arvo, muutos tai muu määriteltävissä oleva piirre viittaa vikaantumiseen
- Aikaväli vian ensimmäisestä havainnosta vikaantumiseen on riittävän pitkä
- Vian kehittymistä voidaan seurata ja ennustaa
- Mittausväliä voidaan tihentää kun ensimmäiset oireet havaitaan.

(PSK 5704, 2002.)

Taloudellisesti kunnonvalvonta tai muu ennakoiva kunnossapito on järkevää silloin, kun se alentaa häiriön seurauksen kustannuksia enemmän kuin itse ennakoiva toimenpide vaatii suoria tai epäsuoria kustannuksia (Mikkonen 2009, 161).

5 RCM

Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon (Reliability centered maintenance) avulla voidaan tehokkaasti suunnitella kunnossapidettävän kohteen kunnossapito. Sen keskeisiä päämääriä ovat esimerkiksi:

- Prosessin laitteiden priorisointi: kohdistetaan kunnossapito oikeisiin laitteisiin
- Selvittää laitteiden vikaantumismekanismit, jotta voidaan luoda oikeat ja tehokkaat kunnossapitomenetelmät
- Laitteille, joille ei löydy sopivaa ehkäisevää kunnossapitomenetelmää laaditaan toimintaohjeet vikaantumisen varalta
- Kunnossapidon kustannusten seuranta, prosessin tuottavuuden kasvu ja laitteiden luotettavuus

Kunkin tärkeän laitteen kohdalta määritellään sen toiminnot ja suorituskykyvaatimukset, toimintahäiriöt, vikaantumistavat, vikojen vaikutukset ja seuraukset, valitaan keinot vikaantumisen hallintaan ja lopulta määritellään työtehtävät. (Järviö ym. 2011, 127.) RCM prosessi on laaja ja vaatii onnistuakseen paljon resursseja ja kohdejärjestelmän täydellisen tuntemuksen. Lisäksi RCM prosessi soveltuu parhaiten prosessiteollisuuteen, joten konepajaympäristössä ei sen läpivienti ole mielekäästä.

5.1 Kokemusperäinen RCM

Konepajaympäristöön soveltuu perinteistä RCM:ää paremmin sovellettu kokemusperäinen RCM, koska perinteinen RCM on suunnattu lähinnä prosessiteollisuuden tarpeisiin ja sovellettu versio on käyttökelpoisempi sekä nopeampi toteuttaa konepajaympäristössä jossa koneita on useita erilaisia. Kokemusperäisessä RCM:ssä pyritään tarkastelemaan kriittisesti olemassa olevia ennakkohuoltoja, löytämään keinoja tapahtuneiden häiriökorjausten ehkäisemiseksi tai löytämään uusia vikoja joita tulisi ennaltaehkäistä. Kokemusperäises-

sä RCM:ssä ennakko- huollon suunnittelun apuna voi olla kuvion 4 mukainen kaavake. Siinä pyritään jokainen ennakko- huoltotehtävä perustelemaan teknisesti ja taloudellisesti. Ennakko- huolto (EH) on kannattavaa jos löydetään selkeä vika- muoto jota sillä pyritään estämään ja ennakko- huolto säästää enemmän rahaa kuin koneen ajaminen vikaan (RTF) aiheuttaa kustannuksia. Ennakko- huoltoon kuuluvien kohteiden määrittelyssä ja perustele- misessä ovat apuna kriittisyysanalyysit, vika- historia, operaattorit, kunnossapito ja työnjohto. (Smith & Hinchcliffe 2004, 178–182.)

1	2	3	4	5	6	7
		Vikamuoto jota pyritään		Onko ennakko- huolto halvempaa kuin	EH OK? RTF? EH ei kannattava?	
Ennakko- huoltotehtävä	Mihin komponenttiin EH:lla vai- kutetaan?	estämä än	Vian seuraus	RTF? (K/E) Miksi?	Muuta EH:ta?	Parannusehdotus?

KUVIO 4. Kokemusperäinen RCM. (Smith & Hinchcliffe 2004, 179.)

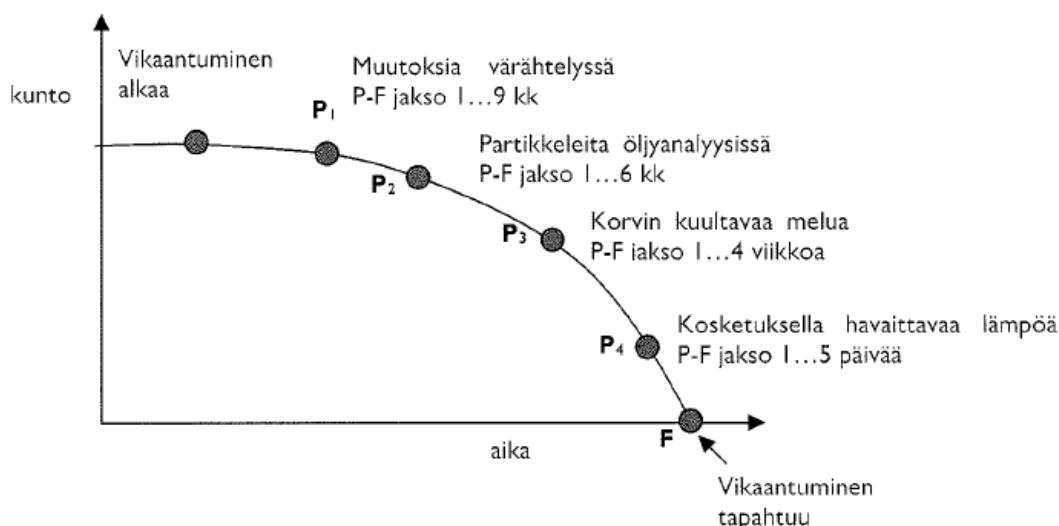
6 KUNNONVALVONTAKOhteiden MÄÄRITTÄMINEN

Kunnonvalvonnan piiriin kuuluvat laitteet voidaan määritellä esimerkiksi kriittisyysluokittelun avulla. Kriittisyysluokittelussa laitteet jaetaan eri ryhmiin (esimerkiksi A,B,C) niiden kriittisyyden perusteella ja kriittisimmille laitteille (A) aletaan toteuttaa kunnonvalvontaa ensitilassa. (Mikkonen 2009, 148.) Yhdessä laitteessa voi olla useita kunnonvalvontaa vaativia kohteita, mutta kaikkien toimenpiteiden tulee olla perusteltuja niin teknisesti, kuin taloudellisestikin. Vikahistoria, komponenttien kriittisyys ja vikaantumisen seuraukset usein kertovat mitkä ovat tarpeelliset kunnonvalvontakohteet kussakin kriittisessä laitteessa. Lisäksi operaattorit, työnjohto ja kunnossapitohenkilöstö voivat antaa arvokasta tietoa kohteista joiden tulisi kuulua kunnonvalvonnan piiriin. (Smith & Hinchcliffe 2004, 180–181.) Tällaista lähestymistapaa kutsutaan kokemusperäiseksi RCM-metodiksi.

Kunnonvalvonnan tarpeeseen vaikuttavat myös turvallisuus- ja ympäristötekijät, tuotannon menetyksen kustannustekijät sekä kunnossapidon kustannustekijät. Lisäksi jokaisen laitteen osalta olisi hyvä määritellä vikaantuvat komponentit, niiden vikaantumismekanismit ja todennäköinen vikaantumisnopeus. (PSK 5705, 2006, 3.)

7 KUNNONVALVONTAMENETELMÄT JA KUNNONVALVONNAN SUUNNITTELUSSA ETENEMINEN

Kun kunnonvalvonnan piiriin kuuluvat laitteet ja kunnonvalvontaa vaativat kohteet ovat selvillä, niin niille aletaan miettiä sopivia kunnonvalvontamenetelmiä. Menetelmän valinta perustuu usein mahdollisen vikamuodon P-F käyrään tai tunnettuun vikaantumismekanismiin. P-F käyrä ilmaisee koneen kunnon muutokset ajan kuluessa: (P)=piste jossa oire havaitaan, (F)=piste jossa vikaantuminen tapahtuu. Kuvion 5 P-F käyrä toimii hyvänä työkaluna kunnonvalvonnan suunnittelussa, sillä valittavat toimenpiteet riippuvat pitkälti käyrän muodosta. Eri koneilla ja vikamuodoilla käyrän muoto vaihtelee, joten valitsemalla oikeat kunnonvalvontamenetelmät voidaan reagointiaikaa pidentää. Kuvio 5 kuvaa erään vierintälaakerin P-F käyrää ja siitä voimme huomata kuinka P-F aika vaihtelee eri menetelmiä käyttäen. Kaikkia vikoja ei voida kuitenkaan enustaa tai varautua niihin, mutta kunnonvalvonnan avulla monet alkavat vikaantumiset voidaan havaita. (Mikkonen 2009, 141.)



KUVIO 5. P-F käyrä sisältäen vierintälaakerin oireita ennen vikaantumista. (Mikkonen 2009, 141.)

7.1 Värähtelymittaukset

Värähtelymittauksia käytetään teollisuudessa pyörivien laitteiden ja koneiden kunnonvalvonnassa mittaamalla värähtelyn suuruutta ja vertaamalla saatuja arvoja aikaisempiin tuloksiin, laadittuihin raja-arvoihin tai alan standardeihin. Värähtelyn suuruuteen vaikuttaa herätevoiman suuruus sekä rakenteen dynaaminen liikkuvuus. Värähtelymittauksin voidaan mahdollinen vika tunnistaa ajoissa oikeiden diagnoosien ja säännöllisten mittausten avulla trendejä seuraamalla. (Mikkonen 2009, 223-224.)

7.1.1 Herätetaajuudet

Herätetaajuudet eli pakkovoimat vaikuttavat kohteen tärinän voimakkuuteen. Herätetaajuudet ovat joko koneen normaalista toiminnasta johtuvia herätteitä tai vikojen aiheuttamia herätteitä. Esimerkkinä työstökoneen normaalista herätteestä ovat karan pyörimistaajuuden herätteet, kun taas vikojen aiheuttama värähtelyä ovat esimerkiksi laakeriviat, epätasapaino ja linjausvirhe. (Mikkonen 2009, 225.)

7.1.2 Valvottavat asiat

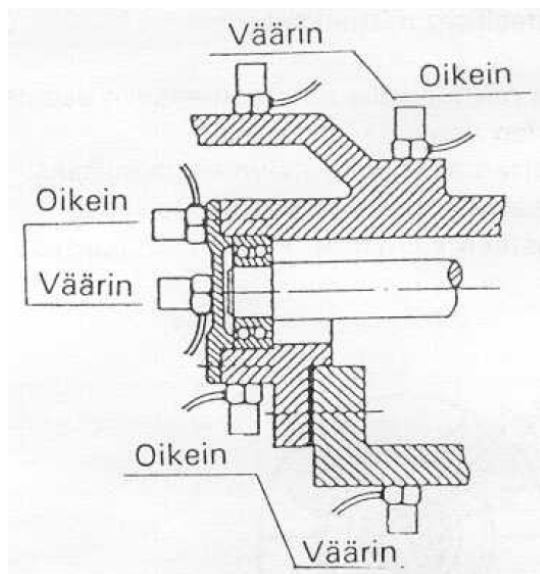
Värähtelymittauksilla voidaan valvoa kohteen värähtelyn siirtymää, nopeutta ja kiihtyvyyttä. Yleisimmin värähtelymittausten perussuurena käytetään värähtelyn nopeutta, koska sen vaste on sopivin niillä taajuuksilla, joista yleensä ollaan kiinnostuneita (10-1000 Hz). Värähtelyn nopeuden yksikkö on mm/s. Yleisimmin värähtelyt esitetään taajuustasossa, koska sen analysointi on helpompaa. Taajuustaso kertoo kuinka voimakkaasti mitattava kohde tärisee eri taajuuksilla. (Mikkonen 2009, 225.)

7.1.3 Mittapaikan ja menetelmän valinta

Värähtelymittauksia voi olla hankalaa toteuttaa reittimittauksin kannettavalla mittalaitteella konepajassa, sillä mittauskohteet ovat usein koteloituja niin, että anturille sopivan paikan löytäminen on erittäin haasteellista (Rossi 1993, 39). Tästä johtuen monesti ainoa mahdollisuus on käyttää kiinteitä tai puolikiinteitä antureita, jotta voidaan saada luotettavia tuloksia. Kulloinkin käytettävän menetelmän valinta riippuu siis kohteen luoksepäästävyyydestä ja kohteen vikaantumistiheydestä. Kiinteitä mittalaitteita suositellaan käytettävän silloin, kun vikaantumisnopeus ja häiriöherkkyys ovat suuria, mittaväli on lyhyt tai kuormitusvaihtelu on suurta. Puolikiinteitä järjestelmiä käytetään erityisesti silloin kun luoksepäästävyys on huono. Kannettava mittalaite soveltuu parhaiten helposti luoksepäästävien kohteiden ja hitaasti kehittyvien vikojen seurantaan. (PSK 5705, 2006, 7.) Voidaan ajatella, että nopea vikaantumisnopeus on tunteja tai päiviä, kun taas hidas vikaantumisnopeus on viikkoja tai kuukausia.

Kuviossa 6 käy ilmi, kuinka anturi tulee sijoittaa mitattavaan kohteeseen: pyörivistä massoista värähtely välittyy laakerien kautta kohteen runkoon, joten mittauspisteet on tarkoituksenmukaista valita laakerointikohdista. Värähtelymittaus suoritetaan yleensä säteissuunnassa ja tarvittaessa aksiaalissuunnassa. (PSK 5702, 2007, 2.) Lisäksi mittapiste valitaan siten, että värähtely-

lähteen ja anturin välillä on mahdollisimman vähän rajapintoja, koska korkeataajuinen värähtely menettää osan energiastaan kun se kohtaa rajapinnan (PSK 5702, 2007, 1).



KUVIO 6. Anturin paikan valinta. (PSK 5702, 2007, 2.)

7.2 Lämpötilamittaukset

Lämpötilan muutokset voivat myös osaltaan kertoa kohteen kunnon alkavasta heikentymisestä tai muista ongelmista. Lämpötilamittausten ongelma on kuitenkin liian hidas varoitusaika. Siksi lämpötilamittaukset soveltuvat parhaiten öljyjen lämpötilamittauksiin ja esimerkiksi sähkökaapin lämpenemisen seurantaan. Laakereiden lämpeneminen on jo merkki pitkälle kehittyneestä viasta, joten laakerin kunnonvalvontaan lämpötilamittaus ei sovellu kovinkaan hyvin. (Rossi 1993, 39.)

7.2.1 Koskettavat ja koskemattomat menetelmät

Koskettaviin menetelmiin kuuluvat erilaiset anturit, joita käytetään esimerkiksi nesteiden lämpötilojen mittaukseen koskettamalla tutkittavaa kohdetta. Ylei-

simmat koskettavat lämpötila-anturit ovat metallivastusanturit ja termopariaanturit. Koskemattomista menetelmistä puhuttaessa tarkoitetaan usein infrapunalämpömittareita. Niiden avulla voidaan mitata kappaleen lämpötila liikuttamalla mittaria käsin kappaleen pinnan pisteestä toiseen. Infrapunamittarin toiminta perustuu kappaleen lähettämän lämpösäteilyn mittaukseen. (Mikkonen 2009, 440.)

7.2.2 Lämpökamera

Lämpökamera mittaa kohteen lähettävän lämpösäteilyn määrää ja muuntaa sen lämpötilajakauman mukaan kuvaksi. Kuvan avulla saadaan hyvää tietoa kohteen kunnosta, sillä lämpötilan nousu viittaa usein alkavaan vikaantumiseen. Esimerkiksi sähkökaappeja voidaan tarkastella lämpökameran avulla. Lämpökuvauksissa trendien seuranta on tärkeässä roolissa, jotta vikojen kehittymistä voidaan seurata. (Stjernberg 2000, 3.)

7.3 Voiteluaineanalyysit

Voiteluaineen kunto ja siinä olevat mahdolliset epäpuhtaudet vaikuttavat suoraan koneen kuntoon ja kulumiseen. Tärkeimmät valvottavat epäpuhtaudet ovat kiinteät partikkelit, vesi ja ilma. (Elo & Rinkinen 2012, 3.) Siksi on erittäin tärkeää havainnoida ja analysoida voiteluaineen, esimerkiksi öljyn kuntoa säännöllisin väliajoin valvomalla mm. voiteluaineen viskositeettiä, vesipitoisuutta, hiukkasmäärää, lämpötilaa sekä ulkonäköä (Mikkonen 2009, 430).

7.3.1 Viskositeetti

Viskositeetillä tarkoitetaan voiteluaineen, esimerkiksi öljyn sisäisen kitkan määrää. Voitelun kannalta viskositeetti onkin yksi öljyn tärkeimpiä fysikaalisia ominaisuuksia. Öljyn hapettuminen, lisäaineiden katoaminen, hiilivetyketjujen pilkkoutuminen tai öljyyn joutuneet vieraat aineet, kuten vesi voivat aiheuttaa öljyn viskositeetin muutoksen. (Elo & Rinkinen 2006, 20.) Viskositeetin alene-

minen voi johtua esimerkiksi liuottimesta tai ohuesta öljystä tutkittavan öljyn seassa. Viskositeetin tarkka määrittäminen vaatii laboratorio-olosuhteet, joten viskositeetin kenttämittaukset ovat vain suuntaa-antavia. Saatuja tuloksia voidaan verrata teollisuusöljyjen viskositeettiluokituksiin (ISO 3448). (Mikkonen 2009, 431.)

7.3.2 Vesipitoisuuden mittaus

Laboratoriossa tislaamalla saadaan öljyn vesipitoisuus selville, jos vesipitoisuus on yli 500 ppm. Tämän alhaisempia vesipitoisuuksia voidaan havaita titraamalla Karl Fischer –menetelmällä. Myös öljyn silmämääräinen tarkastelu on suotavaa, sillä jos öljyn vesipitoisuus ylittää 500 ppm on öljy silmin nähden sameaa. Kenttäolosuhteissa öljyn kuumentaminen avoimessa astiassa aiheuttaa räiskyntää vesipitoisuuden ollessa yli 500 ppm. (Mikkonen 2009, 431.) Öljyn vesipitoisuudesta saadaan tietoa myös mittaamalla öljyn suhteellista kosteutta eli veden aktiivisuutta esim. kannettavalla mittalaitteella (Parikka & Vidqvist 2004, 8). Jos suhteellinen kosteus on yli 99% voidaan tästä päätellä, että öljyssä on vettä.

7.3.3 Lämpötilan mittaus ja puhtausluokka

Öljyn käyttölämpötilaa mittaamalla saadaan arvokasta tietoa öljyn kunnosta, sillä ylikuumentuneen öljyn viskositeetti laskee ja samalla lisäaineiden vaikutus muuttuu. Seurauksena on voiteluominaisuuksien heikentyminen ja öljyn käyttöiän lyheneminen. Lämpötilan mittauksella voidaan siis osaltaan vaikuttaa öljyjen vaihtovälien pituuteen. (Elo & Rinkinen 2012.) Erilaisten hiukkasanalyysien avulla saadaan tietoon laitteesta otetun öljynäytteen sisältämien hiukkasten kokojakauma, laatu ja muoto. Öljynäytteestä voidaan lisäksi määrittää standardin ISO 4406 mukainen puhtausluokka esimerkiksi automaattisen hiukkaslaskimen avulla, jolloin saadaan myös listaus hiukkasten kokojakaumasta. (Mikkonen 2009, 432.)

7.3.4 Ulkonäkö ja näytteenotto

Öljyn kuntoa voidaan valvoa myös silmämääräisesti. Harmaa tai runsaasti vaahtoava öljy on merkki ilmasta öljyn seassa (Elo & Rinkinen 2012). Myös öljyn sisältämien epäpuhtauksien kokoon ja määrään on syytä kiinnittää huomiota (Mikkonen 2009, 430). Näytteenoton tulee olla hyvin suunniteltu ja valmisteltu: näytepullojen ja muiden tarvittavien välineiden puhtaus on erityisen tärkeää. Huono näyte aiheuttaa paljon haittaa, jos sen perusteella tehdään vääriä toimenpiteitä. (Mikkonen 2009, 438.) Joskus onkin parasta ottaa useampia näytteitä eri puolelta konetta, jotta öljyn kunnosta saadaan parempi ja luotettavampi kuva (Vesala 2012). Jos öljyn kunnossa havaitaan merkittävä muutos, tulee näytteitä ottaa tiheämmällä aikavälillä (Mikkonen 2009, 438).

7.4 Aistinvarainen tarkastelu

Myös aistinvaraisen tarkastelun avulla voidaan saada arvokasta tietoa laitteen kunnosta sen yleisilmettä seuraamalla. Näkö-, kuulo-, tunto- ja hajuaisteja käyttämällä voidaan siis myös harjoittaa kunnonvalvontaa. Esimerkiksi voimakas, kädellä tunnettava värinä voi kertoa laakerien huonosta kunnosta tai linjausvirheestä laitteessa. Silmämääräiseen tarkasteluun kuuluu muun muassa öljytasojen seuranta ja muiden laitteessa olevien mittareiden, kuten kiertovoitelun toiminnasta havainnoivan öljynpainemittarin seuraaminen ja mahdollisista poikkeavuuksista ilmoittaminen kunnossapidolle. Korvin kuultava epänormaali melu voi kertoa koneessa piilevästä ongelmasta, kun taas hajuaistin avulla voidaan paikallistaa esimerkiksi vuotoja. Aistinvaraista tarkastelua voivat tehdä sekä operaattorit että kunnossapitäjät. (Mikkonen 2009, 419.)

7.5 Muut menetelmät

7.5.1 Koneen kunnan mittaukset

Geometristen mittausten avulla valvotaan karan heittoja, karan ja koneen joh-teiden yhdensuuntaisuuksia ja kohtisuoruuksia, koneen liikkeiden koh-tisuoruuksia, koneen liikkeiden suoruutta, johderuuvien välyksiä ja mittausedlin-ten virheitä koneen ollessa kuormittamaton. Geometristen mittausten standar-di on esimerkiksi Schleesingerin testi. (Rossi 1993, 36.)

Dynaamisten mittausten avulla pyritään saamaan tietoa koneen kunnosta kuormittamalla konetta työstöolosuhteita vastaavalla tavalla. Mitattavia suurei-ta ovat esimerkiksi koneen eri rakenneosien joustot, lastuamistehokkuus, oh-jauksen tarkkuus ja melu. Dynaamisiin mittauksiin liittyy standardisoitu BAS-testi. (Rossi 1993, 36.)

Koneen kuntoa voidaan mitata myös työstökokein. Työstökokeessa voidaan käyttää todellista työkappaletta, jolloin saavutettavat pinnankarheudet ja tark-kuudet selviävät juuri aiotulla työstöalueilla. Kappale tulee olla hyvin kiinnitetty, jotta voidaan saada luotettavaa tietoa koneen tarkkuuksista ja tukevuudesta. (Rossi 1993, 36.)

7.5.2 Työkappaleiden laadun seuranta

Työkappaleiden laatua voidaan seurata tilastollisesti, jolloin saadaan hyvää tietoa koneen kunnosta. Tärkein yksittäinen mitattava suure on mittahajonta. Mittahajonta tarkoittaa hajontaa, joka voidaan huomata mittaamalla sama mit-ta samalla työstökoneen asetuksella valmistetusta sarjasta. Luotettavien tu-loksien saamiseksi mittahajontaa tulee seurata samalla, muuttumattomalla tuotteella ja vertailtavien kappaleiden lukumäärä tulee olla tarpeeksi suuri. Lisäksi ulkopuoliset tekijöiden vaikutus on syytä minimoida ja huomioida tu-

loksissa. Ulkopuolisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi eri työntekijät, työkappaleen erilainen kiinnitys ja työkalun kuluminen. (Rossi 1993, 37.)

7.6 Hälytysrajat

Hälytysrajoja esimerkiksi värähtelytasolle, lämpötilalle ja öljyn puhtausluokalle on usein vaikea määritellä, sillä aina ei löydy vertailukelpoista historiatietoa, standardia tai valmistajan ohjetta aiheesta. Kokemuksen karttuessa trendien seuranta onkin usein paras keino hälytysrajojen määrittämisessä ja koneen kunnon seurannassa. (Nohynek & Lumme 1996, 111.)

Värähtelymittauksen raja-arvot voidaan määrittää, kun on tehty vähintään kymmenen onnistunutta mittausta. Raja-arvot voidaan tällöin määritellä:

- Varoitusraja = $1,6 \times \text{keskiarvo} + 2 \times \text{keskihajonta}$
- Vaurioraja = $4 \times \text{keskiarvo} + 2 \times \text{keskihajonta}$
- Huomautusraja = $\text{keskiarvo} + 3 \times \text{keskihajonta}$.

(PSK 5705, 2006, 5.)

Värähtelyn voimakkuuden ollessa merkittävästi riippuvainen laitteen käyttötilanteesta, on mittaukset suoritettava samoissa käyttötilanteissa tai asettaa eri käyttötilanteille omat raja-arvot. Mikäli kuormitus on aina vaihteleva tulee mittaustulokset ja raja-arvoihin vertailu suorittaa tyhjäkäynnillä. (PSK 5705, 2006, 5.)

7.7 Mittausvälit

Mittausvälejä määritettäessä tulee ottaa huomioon käytettävä valvontamenetelmä sekä kohteen kriittisyys, häiriöherkkyys, vikojen kehittymisnopeudet ja kunnossapidon historiatiedot. Mittaukset tulee suorittaa lisäksi aina huollon tai korjauksen jälkeen, koska näin varmistetaan huollon onnistuminen ja saadaan uudet vertailuarvot laitteen valvontaa varten. Kunnonvalvontaa aloitettaessa

on suositeltavaa valita hieman liian lyhyt mittaväli. Kokemuksen karttuessa mittavälejä voidaan tarpeen mukaan muuttaa. (PSK 5705, 2006, 8.)

On olemassa yleispätevä kaava, jolla mittavälejä voidaan määritellä: mittausväli saa korkeintaan olla puolet P-F ajasta, jotta toimenpiteille jää riittävästi aikaa. (Moubray 1997, 146.) Mittaväliä tulee tihentää, jos on aihetta epäillä, että on havaittu alkava vikaantuminen. Tihennetty mittaväli auttaa kohteen kunnon heikkenemisen seuraamisessa ja ennustamisessa. Täten kunnossapidon reagointiaika on mahdollisimman pitkä jos toimenpiteitä vaaditaan. (Mikkonen 2009, 164.)

7.7.1 P-F ajan määrittäminen

Ehkä paras keino vikaantumisenopeuden (P-F ajan) määrittämiseen on kokemustiedon kerääminen esimerkiksi laakerin vikaantumisenopeudesta (Moubray 1997, 165). Vierintälaakereiden vaurioista noin 90 % pystytään värähtelymitauksin havaitsemaan kuukausia ennen laakereiden tuhoutumista. Tyypillisesti laakerit saavuttavat vain noin 10 % niiden lasketusta eliniästä. (Mikkonen 2009, 311.) Tästä voimme päätellä, että laakereiden vikaantuminen on lähes täysin satunnaista. Satunnainen vikaantuminen onkin erittäin yleistä, ja siitä johtuen P-F aikojen määrittäminen ei ole kovinkaan helppoa.

7.8 Reititys ja toistettavuus

Kunnonvalvonnan mittaukset tehdään laaditun mittaussuunnitelman mukaan reittimittauksina. Saatuja tuloksia verrataan aiempiin arvoihin, ohjekirjan suosituksiin tai alan standardeihin. Reitti tulee luoda, niin että se on looginen ja että mittaajan tarvitsee ottaa mahdollisimman vähän askeleita reitin aikana. Lisäksi reitti tulee suunnitella niin, että saman päivän aikana ehtii kiertämään reitin ja vielä raporttoimaan ja analysoimaan saadut tulokset. (Mikkonen 2009, 169.)

Mittauksien tulee olla toistettavia ja luotettavia. Siksi mittapisteen on merkittävä huolellisesti, jotta mittaukset esim. kannettavalla värähtelymittarilla tehdään aina samasta kohdasta. (PSK 5702, 2007, 3.) On myös tärkeää, että reittimittaukset suoritetaan aina mahdollisimman samoissa olosuhteissa, jotta mittatulokset eivät vääristy esimerkiksi lämpötilan vaihteluiden johdosta tai erilaisen kuormituksen vuoksi (PSK 5705, 2006, 5).

7.9 Mittaustulosten analysointi ja raportointi

Saatujen tulosten analysointi, raportointi ja vian seuranta ovat tärkeässä roolissa osana kunnonvalvontaa. Mittaustulokset tulee tallentaa ja analysoida mahdollisimman nopeasti kierroksen jälkeen sekä raportoida mahdollisista poikkeamista vertailuarvoihin nähden. Jos poikkeama havaitaan, on suositeltavaa suorittaa vielä tarkempia mittauksia kohteessa, jotta voidaan varmistua vian laadusta ja osataan valita oikeat jatkotoimenpiteet vian määrittämiseksi. Vian seurannassa vian kehittyminen voidaan ottaa tarkempaan tarkasteluun lyhentämällä mittaväliä, muuttamalla mittaustapaa tai ottamalla käyttöön täydentävä mittausten menetelmä seurannan helpottamiseksi. (PSK 5705, 2006, 10.)

7.10 Toiminnan seuranta ja kehitys

Kunnonvalvonnan seuranta ja kehitys on tärkeässä roolissa, jotta toiminta on tehokasta nyt ja jatkossa. Asioita joita voidaan seurata PSK 5705:n mukaan:

- Kunnonvalvontasuunnitelman toteutuminen
- Hälytysrajojen muuttaminen tarvittaessa
- Valvontamenetelmien soveltuvuus ja uudistaminen tarvittaessa
- Laitteiden käytössä, rakenteessa, huollossa ja kunnossa tapahtuvat muutokset
- Mittaustarpeiden päivittäminen tarvittaessa.

(PSK 5705, 2006, 12.)

Kunnonvalvonnalla pyritään parantamaan ja ylläpitämään tuotannon kokonaistehokkuutta (KNL) (PSK 5709, 2004, 2). PSK 5709 sisältää myös runsaasti muita mittareita, joilla kunnonvalvonnan tehokkuutta voidaan seurata jatkossa, kuten kunnonvalvonnan onnistuminen ja sillä saavutetut hyödyt.

8 KUNNONVALVONTASUUNNITELMAN MÄÄRITTÄMINEN METSO OY JYVÄSKYLÄN KONEPAJALLE

Metso Oy Jyväskylän konepajan konehuolto oli ulkoistettu kunnossapidon toimittajalle, mutta konepajassa ei oltu sovellettu säännöllistä kunnonvalvontaa ennen opinnäytetyön aloittamista. Joitakin mittauksia ja analyyskejä oltiin tehty tarpeen mukaan, mutta säännöllinen ja suunnitelmallinen kunnonvalvonta ei ollut vielä käytössä. Koneille laaditut koneen käyttäjien suorittamat viikko- ja kuukausihuoltosuunnitelmat antoivat kuitenkin hyvän perustan kunnonvalvonnan aloittamiselle, sillä ne sisälsivät paljon koneille suoritettavaa aistinvaraista valvontaa ja pieniä huoltoja tarpeen mukaan. Tämän vuoksi olen työn toteutuksessa keskittynyt lähinnä mittaavan kunnonvalvonnan mahdollisuuksiin eri koneilla, koska aistinvarainen koneen kunnon tarkkailu oli jo lähtökohteisesti kattavaa, mutta tarvittaessa viikkohuoltoihin lisättiin uusia kohteita.

Määräaikainen kunnossapito oli siis hyvällä mallilla, koska myös vuosihuoltosuunnitelmat olivat kattavia. Laadittuihin huolto-ohjeisiin tuli kuitenkin suhtautua osin kriittisesti, sillä kunnonvalvonnan avulla voitaisiin järkeistää tarvittavien huoltojen määrää.

8.1 Valitut koneet

Kunnonvalvontaa lähdettiin toteuttamaan viidelle ennalta määrätylle kriittiselle koneelle. Konepajan konekanta käsittää paljon tämän tyyppisiä koneita, joten juuri näiden koneiden valinta oli tästäkin syystä perusteltua, koska myöhemmin tämän työn pohjalta voitaisiin kunnonvalvontaa laajentaa koko konepajan

kattavaksi. Koneet olivat minulle ennalta tuntemattomia, joten alkuvaiheessa käytin aikaa niiden toimintaperiaatteiden ja tuotekirjojen tutkimiseen. Koneen toimintaperiaatteiden ymmärtäminen auttoi minua myöhemmässä vaiheessa kunnonvalvontakohteiden määrittämisessä ja vikahistorian ymmärtämisessä.

8.1.1 Telahiomakone HI-96

Hiomakone HI-96:lla (ks. kuvio 7) hiotaan paperikonetelojen ulkopinnat ja tarvittaessa sillä hiotaan myös akseleita. Koneella voidaan tehdä myös urituksia paperikoneen puristinosan imuteloihin. Konetta ajetaan kolmivuorossa ja koneen kriittisyysluokka on B.



KUVIO 7. HI-96.

Konetiedot:

- Valmistaja: Waldrich Siegen
- Malli: WS 2A T100

- Kantavuus: 100 000 kg

8.1.2 Laakapora LP-30

Laakapora LP-30:llä (ks. kuvio 8) työstetään taipumakompensoitujen telojen akselit. Emulsiojärjestelmän kone jakaa kahden muun koneen kanssa. Konetta ajetaan kolmivuorossa ja koneen kriittisyysluokka on B.



KUVIO 8. LP-30.

Konetiedot:

- Valmistaja: Skoda Machine Tool a.s.
- Malli: HCW2-180NC

8.1.3 Laakapora LP-31

Laakapora LP-31:llä (ks. kuvio 9) työstetään useita erilaisia paperikoneen perälaatikon osia. Koneetta ajetaan kolmivuorossa ja koneen kriittisyysluokka on B.



KUVIO 9. LP-31.

Konetiedot:

- Valmistaja: FPT Industrie S.p.A.
- Malli: M-ARX
- Kantavuus: 15 t/m²

8.1.4 Kärkisorvi S-254

Telasorvi S-254:lla (ks. kuvio 10) tehdään pääsääntöisesti imutelojen rouhinat ja viimeistelyt. Sekä telan sisäpinta että ulkopinta voidaan sorvata. Koneetta ajetaan kolmivuorossa ja koneen kriittisyysluokka on B.



KUVIO 10. S-254.

Konetiedot:

- Valmistaja: Poreba
- Malli: TCG 160
- Kantavuus: 25 000kg (40 000kg)

8.1.5 Telasorvi S-259

Sorvi S-259:llä (ks. kuvio 11) sorvataan raskaimmat sym- ja imutelat. Sorvilla voidaan sorvata niin telojen ulko- kuin sisäpinnatkin. Myös telojen päätyjen oikaisut voidaan tehdä tällä koneella. Konetta ajetaan kolmivuorossa ja koneen kriittisyysluokka on A.



KUVIO 11. S-259.

Konetiedot:

- Valmistaja: Innocenti Santeustaccio S.P.A
- Malli: TP4-1550x15000
- Kantavuus: 70 000 kg

8.2 Kunnonvalvontakohteiden ja menetelmien valinta

Ennen kuin kunnonvalvontaa lähdetään toteuttamaan valituille laitteille, täytyy tietää mitä tulee valvoa, miten, kuinka usein ja miksi. Tässä minulle arvokasta tietoa antoivat laitteiden vikahistoriat, ohjekirjat, operaattorit ja kunnossapidon johto. Oli ensiarvoisen tärkeää tietää mitä vikoja koneessa on ollut ja kuinka usein. Kunnossapitojärjestelmä Arrowin vikahistoriasta (2009–2012) pyrin etsimään toistuvia vikoja, pitkiä korjausaikoja vaativia vikoja, seisokin aiheuttaneita vikoja tai usein vikaantuvia koneen osia joihin voitaisiin kunnonvalvonnalla vaikuttaa. Vikahistoria oli kuitenkin paikoin huonosti raportoitu, joten pelkän vikahistorian tutkimisen avulla ei kunnonvalvonnan suunnittelu ollut mahdollista. Ohjekirjojen avulla sain lisäksi käsityksen siitä kuinka konetta tulisi valmistajan ohjeiden mukaan huoltaa, jotta se voisi toteuttaa toimintonsa mahdollisimman hyvin. Varaosalistat kertoivat myös osaltaan koneiden kriittisistä osista.

Haastatteluissa pääpaino oli operaattoreissa, koska heillä oli paras tieto sen hetkisestä koneen tilasta. Lisäksi kunnossapidon toimihenkilöt ja tuotannon kehityksestä vastaavat henkilöt olivat iso apu kohteita määritettäessä. Haastatteluissa pyrin kartoittamaan laitteen kriittiset osat sekä usein vikaantuvat komponentit.

Muutamia esimerkkejä haastatteluissa käytetyistä kysymyksistä:

”Mitkä ovat laitteen toiminnan kannalta kriittisimmät osat/kohteet?”

”Mitä kohteita laitteessa tulisi valvoa mittaavan kunnonvalvonnan avulla?”

”Mitkä ovat usein vikaantuneet koneenosat?”

Haastatteluiden ja vikahistorian pohjalta kokosin listan kunnonvalvontaan soveltuvista kriittisistä kohteista ja pohdin kunkin kohteen kunnonvalvonnan

kannattavuutta ja mahdollisuuksia. Jokaisen kunnonvalvontakohteen perusteluissa käytin soveltaen apuna kokemusperäistä RCM-metodia, jonka avulla valittuja kohteita ja menetelmiä tarkastelin kriittisesti kuten Liitteessä 2 käy ilmi. Kohteiden valinnat on siis pyritty perustelemaan kunkin kohteen kriittisyyden kannalta, mutta osaan valinnoista ovat vaikuttaneet niin turvallisuus, kuin taloudellisetkin seikat, kuten korjaus- ja seisokkikustannukset. Kunnonvalvontakohteet määritettyäni valitsin kullekin kohteelle sopivan kunnonvalvontamenetelmän. Kunnonvalvontamenetelmien valinnassa pyrin aina valitsemaan sen menetelmän jonka avulla saadaan mahdollisimman pitkä kunnossapidon reagointiaika, kuitenkin taloudellista kannattavuutta unohtamatta.

8.3 Mittavälit

Mittavälien määrittelyssä tukeuduin pitkälti standardeihin ja tutkimuksiin esimerkiksi laakereiden keskimääräisestä P-F ajasta. Kaikille kohteille ei kuitenkaan P-F ajan määrittäminen ollut mahdollista, joten mittavälit öljyanalyysille ja sähkökaappien lämpökuvaukselle perustuvat pitkälti vikahistoriaan ja haastatteluihin. Tulee kuitenkin muistaa, että suositellut mittavälit eivät ole sitovia, joten kokemuksen karttuessa mittavälejä voidaan muuttaa tarpeen vaatiessa. Mittavälit ovat siis tarkoituksellisesti määritetty hieman liian lyhyeksi, jotta mahdollisimman monet alkavien vikojen oireet huomataan ajoissa.

Liitteessä 1 olen suositellut mittavälejä eri kohteille, kuitenkin sillä poikkeuksella, että kunnonvalvonnan aloitusvaiheessa raja-arvojen ja trendien muodostukseen on suositeltavaa käyttää tihennettyjä mittavälejä. Esimerkiksi muuttaman ensimmäisen kuukauden aikana voitaisiin kaikki kohteet kiertää kerran kuukaudessa läpi. Näin saataisiin alustavia trendejä kunnonvalvonnan seurannan tueksi. Alustavien trendien muodostuttua voitaisiin siirtyä hieman harvempaan mittausväliin.

8.4 Reititys ja toistettavuus

Reitit on luotu siten, että tarvittavat mittaukset voidaan suorittaa nopeasti ja johdonmukaisesti, jotta mittaustulosten analysointiin jää mahdollisimman paljon aikaa. Mittausten toistettavuus tulee varmistaa siten, että suunnitellut reititimittaukset suoritetaan mahdollisimman samoissa olosuhteissa joka kerralla. En suosittelisi mittauksia ”kylmälle” koneelle, vaan koneelle jolla on jo työskennelty vähintään muutamia tunteja. Näin saadaan tietoa ajotilannetta vastaavista olosuhteista. Toistettavuuteen liittyy osaltaan myös mittauspisteiden valinta: pisteet tulee merkitä huolellisesti ja mitata aina samasta kohdasta.

Mittaustulokset ovat paljolti riippuvaisia myös koneen kuormituksesta, joten on suositeltavaa, että mittauksia suoritetaan sekä koneen ollessa kuormituksessa että kuormittamattomana. Mittaustuloksia raportoidessa järjestelmään olisi hyvä merkitä kummassa kuormitustilanteessa mittaukset on suoritettu, jotta tulokset eivät vääristy. Yksi vaihtoehto olisi luoda omat trendinsä kuormituksessa mitatuille ja kuormittamattomana mitatuille arvoille.

Mittausten toistettavuus on parhaimmillaan koneiden työstökokeiden ja testiohjelmien aikana: silloin koneella työstetään vakiokappaletta, jolloin koneen kuormitus on aina sama. Tällöin tehtävät mittaavan kunnonvalvonnan toimenpiteet antavat erinomaista tietoa laitteen kunnon muutoksista. Työstökokeita suoritetaan noin vuoden välein ja onkin suositeltavaa ottaa tarvittavat värähtelymittaukset ja lämpökamerakuvat kohteista juuri tuona aikana. Näitä referenssiarvoja voidaan verrata koneen normaalin käytön aikaisiin arvoihin.

8.5 Raportointi ja seuranta

Mittaustulosten tallentaminen kunnossapitojärjestelmä Arrowiin ja tulosten analysointi tulee suorittaa mahdollisimman nopeasti kierretyn reitin jälkeen. Trendeistä ja raja-arvoista poikkeaviin arvoihin tulee suhtautua aina vakavuudella, sillä poikkeama voi olla merkki alkavasta viasta. Poikkeamat olisi syytä

ottaa seurantaan ja tarvittaessa ottaa uudet mittaukset kohteesta ja tihentää mittaväliä. Joskus tulosten analysoinnissa on hyvä tukeutua asiantuntija-apuun, jotta saadaan mahdolliset juurisyyn selvillä. Näin voidaan pureutua kunkin poikkeaman aiheuttaviin tekijöihin tarkemmin ja ehkäistä niiden esiintymistä tulevaisuudessa.

On myös tärkeää, että kunnonvalvonnan toteutumista ja tuloksia seurataan. Seuranta ja tiedon tallentamista helpottamaan loin kunnonvalvontakortit kaikille kohteille ja menetelmille. Kunnonvalvontakortit voitaisiin tallentaa Arrowiin laitepaikkojen taakse. Kuviossa 12 on esimerkki mahdollisesta pääkäytön D-pään laakerin värähtelymittauksen kunnonvalvontakortista. Korteista pyrin tekemään mahdollisimman yksityiskohtaiset, jotta tulokset eivät vääristyisi ja että kortit sisältäisi mahdollisimman paljon tietoa kohteesta ja mittaustilanteesta.

Kunnonvalvontakortti S-254, 2013						
Pääkäytön laakeri D-pää, värähtelymittaus						
(Mittaväli 3-4 kk)						
PVM	Ajotilanne (kuormitettu/kuormittamaton/testikappale)	Pyörimisnopeus (r/min)	Pintalämpötila (°C)	Värähtelyn kokonaistaso (mm/s)	Onko spektrissä/verhokäyrässä tapahtunut muutoksia?	Huomiot/toimenpiteet

KUVIO 12. Kunnonvalvontakortti.

9 TULOSTEN YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena saatiin liitteen 1 mukainen kattava kunnonvalvontasuunnitelma viidelle eri työstökoneelle. Suunnitelmasta käyvät ilmi kunkin koneen kunnonvalvontakohteet, tarvittavat kunnonvalvontamenetelmät ja mitta-

välit. Koneille määritetyt kunnonvalvontakohteet sisälsivät paljon yhtäläisyyksiä, koska työstökoneelle kriittisimmät kohteet olivat useimmiten karalaatikko ja käyttömoottori johtuen niiden tärkeydestä laitteen toiminnan ja laaduntuotokyvyn kannalta. Karan ja käyttömoottorin kunnonvalvontaan soveltuivat parhaiten värähtelymittaukset, koska niiden avulla saadaan mahdollisimman pitkä kunnossapidon reagointiaika. Myös karalaatikon öljyanalyysit ja sähkökaappien lämpökuvaukset kuuluivat kunkin koneen kunnonvalvontasuunnitelmaan. Karalaatikon öljyanalyysit ovat erittäin tärkeässä roolissa karalaatikon sisäeliemien kunnonvalvonnassa, öljyn vesimäärän seurannassa sekä oikean öljynvaihtovälin määrittämisessä, kun taas sähkökaappien kuvaaminen kertoi esimerkiksi sähkökaapissa olevien korttien kunnosta. Lisäksi erilaiset työstökoneiden tarkkuusmittaukset ja työstökokeet otettiin mukaan laadittuun kunnonvalvontasuunnitelmaan, sillä niiden avulla saataisiin erinomaista tietoa laitteiden tarkkuuksista.

Kaiken kaikkiaan kunnonvalvontakohteiden lukumäärä kohosi noin 30:een. Jokaisella koneella on 5-7 mittaavan kunnonvalvonnan avulla valvottavaa kohdetta. Myös muutamia aistinvaraisia kohteita lisättiin viikkohuollon piiriin, esimerkiksi järjestelmän öljynpaineen ja vesimäärän valvonta mittareita seuraamalla. Kohteista menetelmineen tehtiin alustava kunnonvalvontareititys (ks. taulukot 1 ja 2), joka on jaoteltu kahteen kategoriaan perustuen suositeltuihin mittaväleihin. Online-mittausta on sovellettu lähinnä vain koneiden karalaatikoiden öljyjen vesimäärän seurannassa sekä koneen S-254 tuurnan työntöpaineen mittauksessa.

TAULUKKO 1. Mittaväli 3-4 kk.

S-254	Pääkaran laakereiden värähtelymittaukset
	Pääkäytön laakereiden värähtelymittaukset (kp, vp)
HI-96	Pääkaran liukulaakereiden värähtelymittaukset
	Pääkäytön laakereiden värähtelymittaukset (kp, vp)
	Pyöritysmoottorin laakereiden värähtelymittaukset (kp, vp)
	Urituslaitteen laakereiden värähtelymittaukset
S-259	Servomoottoreiden värähtelymittaukset
	Pääkaran laakereiden värähtelymittaukset (puolikiinteät anturit)
	Käyttömoottorin värähtelymittaukset (kp, vp)
LP-31	Pääkaran värähtelymittaukset
	Pääkäytön laakereiden värähtelymittaukset (kp, vp)
	Karan ja kulmapäiden lämpökuvaus
	Kulmapäiden tarkkuuksien tarkastus
LP-30	Pääkaran värähtelymittaukset
	Pääkäytön laakereiden värähtelymittaukset (kp, vp)
	Karan ja kulmapäiden lämpökuvaus
	Kulmapäiden tarkkuuksien tarkastus

TAULUKKO 2. Mittaväli 6 kk.

S-254	Öljyanalyysi karalaatikolta
	Sähkökaapin lämpökuvaus
HI-96	Karalaatikon öljyanalyysi paluulinjasta
	Sähkökaapin lämpökuvaus
S-259	Karalaatikon öljyanalyysi
	Sähkökaapin lämpökuvaus
LP-31	Karalaatikon öljyanalyysi
	Sähkökaapin lämpökuvaus
LP-30	Karalaatikon öljyanalyysi
	Sähkökaapin lämpökuvaus

9.1 Kunnonvalvonnan toteuttaminen

Tarvittavat mittaukset ja tarkastukset ovat pääsääntöisesti helppo toteuttaa, joten operaattoreiden rooli korostuu kunnonvalvonnan toteutuksessa: esimerkiksi visuaaliset tarkastukset ja kannettavalla värähtelymittalaitteella suoritettavat mittaukset voisi antaa operaattoreiden suoritettavaksi. Joitakin haasteellisempia kohteita voisi kuitenkin antaa ennakoivan kunnossapito-osaston hoidettavaksi. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat öljyanalyysit ja lämpökuvaukset. Mittausten suorituseriaa olisi hyvä pitää koulutus mittauksia suorittaville.

Kunnonvalvonnessa operaattorilla on tärkeä rooli myös koneen puhtaanapidossa ja viikkohuoltojen noudattamisessa. Suuri osa alkavista vioista ja ongelmista voidaan estää pitämällä hyvää huolta koneesta laadittuja huolto-ohjeita noudattaen. Operaattoreiden motivointi on tärkeässä roolissa: jotta viikkohuollot tulee suoritettua perusteellisesti on koneenkäyttäjän tunnettava tekemänsä ennakoiva kunnossapito merkitykselliseksi koneen kunnon kannalta. Lisäksi käyttäjän tekemiin vikailmoituksiin ja muihin havaintoihin koneen kunnosta on reagoitava mahdollisimman nopeasti kunnossapidon taholta. Tuotannon kehitysinsinööri Henri Häkkinen ehdotti, että perinteisen vikailmoituksen rinnalle voitaisiin ottaa käyttöön esimerkiksi havaintoilmoitus jossa operaattori voisi ilmoittaa aistein havaituista poikkeavuuksista koneen käyttäytymisessä ennen kuin kone vikaantuu. Havaintoilmoituksia seuraamalla kunnossapito saisi ennakolta tietää mahdollisista alkavista vioista, vaikkakin reagointiaika saattaa välillä olla lyhyt. Mittaavan kunnossapidon apuna käytettävää aistinvaraista kunnonvalvontaa ei tule kuitenkaan aliarvioida. Kuviossa 13 on esitetty esimerkki havaintoilmoituksesta johon kunnossapito voi reagoida. Operaattoreille kynnys kyseisen ilmoituksen tekoon on tehtävä niin matalaksi kuin mahdollista, jotta tietoa liikkuu mahdollisimman paljon ja avoimesti operaattoreiden ja kunnossapidon välillä.

Ilmoitus			
Koodi	1024139	Huolto	0
Laite	HI-96	Nimi	WALDRICH TELAHIOMAKONE
Osasto	RAU TELAVALMISTUS	Kiireellisyys	1
Kust. Paik.	B39120	Kone seisoo	
Tilaus pvm	21.11.2012	Vika alkoi pvm	21.11.2012
Tilaaaja	Tuomisalo	Vika alkoi klo	11:46
Työn tila	Ilmoitettu	Työ voi alkaa pvm	21.11.2012
Työlaji	A12 KUNNONVALVONTA	Työ voi alkaa klo	11:46
Vikakuvaus	Emulsiopumppu pitää outoa ääntä.		
Suun.valm.pvm.		Suun.valm.klo.	

KUVIO 13. Havaintoilmoitus.

Metsolla on käytössä kannettavia mittalaitteita, joilla koneiden kunnonvalvonta voidaan toteuttaa: öljyanalysaattori, värähtelymittalaite ja lämpökamera.

Oheisten laitteiden tukena ovat luonnollisesti visuaaliset tarkastukset, joiden poikkeavuudet tulee raportoida kunnossapitojärjestelmä Arrowiin. Mittaukset tulee aikatauluttaa siten, että kunkin koneen vuosihuoltoa edeltävään palaveriin saadaan tuoretta informaatiota koneen kunnosta. Tämä auttaa huoltojen järjeistämässä, koska mittausten ansiosta huollot perustuvat koneen kuntoon eivätkä pelkästään käyttö- tai kalenteriaikaan.

9.2 Toiminnan tehokkuuden mittarointi

Kunnonvalvonnan tehokkuutta tulee mittaroida säännöllisesti esimerkiksi kuviossa 14 olevien mittareiden avulla, jotta voidaan todeta kunnonvalvonnan hyödyt ja myös kehittää ja optimoida toimintaa. Mittareihin tarvittava data saadaan usein kunnossapitojärjestelmistä. Erityisesti käytettävyyden ja tuotannon kokonaistehokkuuden tulisi parantua kunnonvalvonnan avulla.

Nimi	Yksikkö	Laskentakaava tai määrittely
Name	Unit	Definition
Käyttöaste	%	$\frac{\text{Käyttöaika}}{\text{Kalenteriaika}}$
Utilization rate		$\frac{\text{Utilization time}}{\text{Calendar time}}$
Käytettävyyys (K)	%	$\frac{\text{Käyntiaika}}{\text{Käyntiaika} + \text{Seisokkiaika}}$
Availability		$\frac{\text{Operating time}}{\text{Operating time} + \text{Down time}}$
Toiminta-aste (N)	%	$\frac{\text{Tuotanto}}{\text{Nimellistuotantokyky} \times \text{Käyttöaika}}$
Performance rate		$\frac{\text{Production volume}}{\text{Nominal production capacity} \times \text{Operating time}}$
Laatukerroin (L)	%	$\frac{\text{Tuotanto} - \text{Hylätty tuotanto}}{\text{Tuotanto}}$
Quality rate		$\frac{\text{Production} - \text{Reject}}{\text{Production}}$
Kokonaistehokkuus (KNL)	%	$\text{Käytettävyyys} \times \text{Toiminta-aste} \times \text{Laatukerroin}$
Overall equipment effectiveness (OEE)		$\text{Availability} \times \text{Performance rate} \times \text{Quality rate}$

KUVIO 14. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. (PSK 7501, 2010, 7.)

On muistettava tarkastella myös standardin PSK 5709 kunnonvalvonnan tuottosuhdetta, jotta kunnonvalvonnan avulla saavutettujen kustannussäästöjen ja kunnonvalvonnan kustannusten suhde on oikea ja täten kannattava. Kuviossa 15 on esitetty pääperiaate tuottosuhteen laskennasta. Tuottosuhteen tarkasteluväliksi suositellaan yhtä vuotta. (PSK 5709, 2004, 3.) Lisäksi kunnonvalvonnan tulee alentaa kunnossapidon kokonaiskustannuksia pitkällä aikavälillä, jotta kunnonvalvontatoiminta voidaan todeta kannattavaksi.

$Q = (S - F) / F$	
jossa	
Q	on kunnonvalvonnan tuottosuhte
S	on yksittäisten diagnoosien kustannussäästöjen summa
F	on kunnonvalvonnan kustannusten summa

KUVIO 15. Kunnonvalvonnan tuottosuhte. (PSK 5709, 2004, 3.)

9.2.1 Kunnossapitotoiminnan nykytila

Luottamuksellisista syistä salaisessa liitteessä 3 olen laskenut vuoden 2012 kunnossapitokustannukset kaikille viidelle koneelle mahdollisimman tarkasti. Kustannukset koostuvat ennakkohuolloista, suunnitelluista korjauksista, häiriökorjauksista, koneen seisonta-ajoista, alihankinnoista, materiaaleista ja kiinteistä kustannuksista. Tulokset olivat muuten luotettavia, mutta HI-96:n modernisoinnin johdosta eivät sen kunnossapitokustannukset ole vuonna 2012 vertailukelpoisia muihin koneisiin nähden. Neljän muun koneen yhteenlaskettu häiriökorjausten ja seisonnakustannusten osuus koneiden yhteenlasketuista kunnossapitokustannuksista on noin 75 %. Ennakkohuollon vastaava osuus on vain noin 8 %. Tästä voidaan päätellä, että ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon suhde ei ole kohdallaan ja resursseja tulee siirtää enemmän ennakoivan kunnossapidon suuntaan, jotta kunnossapidon kokonaiskustannuksissa voidaan saada aikaan säästöjä ja jotta löydetään oikea ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon suhde.

9.3 Kehityskohteet

Työn tuloksena löydettiin myös paljon erinäisiä kehityskohteita haastatteluiden, vikahistorian ja oman pohdinnan johdosta. Liitteessä 1 on kattava konekohtainen listaus kehityskohteista joihin olisi hyvä ottaa Metson puolelta kantaa. Konekohtaiset kehityskohteet liittyvät pääsääntöisesti emulsiojärjestelmään, telaa pyörittäviin rullalaakereihin ja öljyihin. Muutamia muita kehityskohteita:

- 1) Tarvittaessa kannattaa harkita myös täydentävien kunnonvalvontamenetelmien käyttöönottoa: esimerkiksi käyttömootoreiden lämpökuvaus voi joissain tapauksissa olla hyvä täydentävä mittausmenetelmä värähtelymittauksen lisäksi, koska sen avulla voidaan havaita esimerkiksi ylikuumeneminen.

- 2) Vikahistorian raportoinnin parantaminen: usein vian kuvaus tai toimenpiteet on raportoitu huolimattomasti.
- 3) Vikahistorian seuraaminen: usein toistuvia vikoja tulisi etsiä kunnossapidon vika historiasta säännöllisesti ja tehdä korjaavat toimenpiteet niiden estämiseksi.
- 4) Varaosavarastojen optimointi: kunnonvalvonnan avulla voidaan varastossa olevien varaosien määrää mahdollisesti pienentää, joten olisi hyvä arvioida uudelleen tarvittavien varaosien määrä.
- 5) Kunnossapidon optimointi tulevaisuudessa: korjaavan – ja ennakoivan kunnossapidon oikean suhteen löytäminen kokemuksen karttuessa. Voitaisiin toteuttaa esimerkiksi vaativana oppilastyönä.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kunnonvalvonnan kehittäminen Metso Paper Oy Jyväskylän konepajalla. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin sille asetetussa aikataulussa ja uskon, että työn pohjalta on hyvä aloittaa säännöllinen kunnonvalvonnan toteuttaminen konepajalla. Kunnnonvalvonta mahdollistaa kunnossapitokustannusten alenemisen pitkällä aikavälillä, mutta kunnonvalvonnan aloitus vaatii lisää kunnossapidon resursseja käynnistyäkseen. Alkuvaiheen menoeriä ei kuitenkaan pidä pelästyä, sillä tarkoituksena on, että panostukset maksetaan korkojen kera takaisin myöhemmin koituneiden säästöjen muodossa. Opinnäytetyö oli vain lähtölaukaus kunnonvalvonnan toteuttamiselle ja sen pohjalta toiminta on helpompi käynnistää, mutta tulee muistaa, että kunnonvalvonta on jatkuva prosessi ja siksi toiminnan jatkuva kehittäminen ja seuranta ovat erittäin tärkeässä roolissa kannattavan toiminnan varmistamiseksi.

Säännöllisen kunnonvalvonnan käynnistäminen vaatii toimintatapamuutoksen: korjaavaa kunnossapitoa pyritään vähentämään ja ennakoivaa lisäämään. Tämä ei aina ole helppo yhtälö, sillä usein kunnossapidon toimittajat tekevät

mieluummin korjaavaa kunnossapitoa, koska se on heille joko tuottavampaa, tai heillä ei ole tietotaitoa ennakoivan kunnossapidon toteuttamisesta. Jari Immosen kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta yksi vaihtoehto ennakoivan kunnossapidon lisäämiseksi voisi olla periaatemuutos: kunnossapidon toimittajalle maksettaisiinkin suurempaa palkkaa silloin kun kone on toimintakunnossa, eikä silloin kun sitä joudutaan korjaamaan. Toisin sanoen kunnossapidon toimittaja palkittaisiin hyvin sujuneesta ennakkohuollosta, eikä nopeasta vikojen korjauksesta. Jos kunnossapidon toimittaja palkitaan erikseen tietyn käytettävyytensä saavuttamisesta, voi se joissain tapauksissa olla saavutettavissa erittäin nopealla korjaavalla kunnossapidolla ja se ei täten ole kannustin ennakoivan kunnossapidon harjoittamiselle! Ennakoivan kunnossapidon vastustusta voi tulla myös kunnossapitäjien taholta, koska he voivat kokea asemansa uhatuksi kun koneiden korjaustarve vähenee ennakoivan kunnossapidon avulla. Tähän voidaan varautua tiedottamalla kunnossapitäjiä toimintatapamuutoksesta ja kouluttamalla heitä myös ennakoivan kunnossapidon osaajiksi.

Työn toteutus alkoi lähdeaineiston etsimisellä. Kunnonvalvontaan liittyen lähteitä löytyi helposti, mutta konepajan kunnonvalvontaan liittyen ei lähteitä juuri ollut. Teoriaa soveltaen oli se käyttökelpoista myös konepajaympäristössä. Teoriaosuudessa pyrin esittelemään kunnonvalvontaan keskeisesti liittyvät asiat ja käsitteet. Eri kunnonvalvontamenetelmien esittely oli myös tärkeää työn kannalta, koska koneilla sovellettiin kaikkia yleisimpiä kunnonvalvontamenetelmiä. Varsinainen työn toteutus, eli kunnonvalvontakohteiden määrittäminen, kunnonvalvontamenetelmien valinta, mittavälit ja reititys tehtiin haastatteluiden ja vika historian avulla. Lähdeaineistona käytin erinäisiä verkkojulkaisuja ja kunnossapidon kirjallisuutta.

Työn toteutuksessa pyrin mahdollisimman paljon käyttämään apuna koneiden parissa työskenteleviä operaattoreita. Heidän ja kunnossapidon toimihenkilöiden kanssa sain hyvän kuvan koneista ja niihin soveltuvasta kunnonvalvon-

nasta. Ilman kyseisten henkilöiden ystävällistä apua en olisi saanut kunnonvalvontakohteita määritettyä täysin minulle ennalta tuntemattomista laitteista.

Työn tuloksiin olen kaiken kaikkiaan tyytyväinen, koska kaikki työlle asetetut tavoitteet saavutettiin: kaikille viidelle työstökoneelle saatiin aikaiseksi kattava kunnonvalvontasuunnitelma kohteineen ja mittaväleineen. Tuloksen luotettavuuden varmistamiseksi haastattelin vähintään kahta kunkin koneen parissa työskentelevää ihmistä ja lisäksi analysoin haastatteluiden tuloksia kriittisesti kunnossapidon näkökulmasta. Työstä olisi voinut saada vielä kattavammankin jos operaattoreita ja kunnossapitäjiä olisi haastatellut vielä suuremmalla otannalla. Uskon kuitenkin, että saadut tulokset ovat luotettavia ja niiden pohjalta viiden koneen kunnonvalvonta voidaan aloittaa välittömästi.

Opinnäytetyön suurimmat haasteet liittyivät teorian rajaukseen, kunnonvalvontakohteiden ja mittavälien määrittämiseen. Teorian rajauksessa haasteellista oli sopivan kokoisen teoriapaketin koostaminen. En halunnut ottaa teoriaan mukaan mitään ylimääräistä, joten keskityin vain työn toteutuksessa tarvittavan teorian esittelyyn. Kunnonvalvontakohteiden ja mittavälien määrittelystä teki haasteellisen sopivan kunnonvalvontatason määrittäminen, sillä aina ei ollut helppoa määrittää kriittisiä kohteita ja perustella miksi kohde on tärkeä kunnonvalvottava kohde tietyllä mittavälillä. Perusteluissa pyrin käyttämään apuna kohteiden kriittisyyttä laitteen toiminnan ja laaduntuoton kannalta, taloudellisia perusteluita ja alan suosituksia.

Työ oli antoisa kokemus minulle, sillä se antoi minulle mahdollisuuden soveltaa oppimaani käytännössä ja nähdä käytännössä kunnonvalvonnan mahdollisuudet. Työn perusteella voinkin sanoa, että vielä vähän konepajaympäristöissä sovelletulla kunnonvalvonnalla on suuret mahdollisuudet konepajojen kannattavuuden ja tuloksen parantamisessa kun se mitoitetaan oikein.

11 YHTEENVETO

Entisestään tehostunut kilpailu markkinoilla tarvitsee säästöjä joka saralla, eikä kunnossapito ole poikkeus. Kunnossapito on tuotannon tukitoiminto, joten kunnossapidon tulee olla aina optimoitu oikein, jotta sen toiminta on mielekäs-tä. Tulee löytää oikea korjaavan ja ennakoivan kunnossapidon taso, jotta voi-daan puhua kustannustehokkaasta kunnossapidosta ja kokonaisvaltaisesta kunnossapidon optimista. Kunnonvalvonnalla pyritään optimoimaan ja ennus-tamaan kunnossapidon tarve keräämällä tietoa koneen kunnon muutoksista ja analysoimalla tuloksia jatkuvasti. Näin kaikkein kallein kunnossapito: häiriökor-jaaminen ja sen tuomat seisontakustannukset vähenevät. Kunnonvalvonnan avulla kunnossapidon suunnitelmallisuus paranee ja sillä saavutettavat talou-delliset hyödyt ovat merkittäviä. Nykyaikainen kunnossapito ei ole enää vain korjaavaa –tai määrääikaista kunnossapitoa, vaan se pitää sisällään myös ennakoivaa kunnossapitoa joka optimoidaan havainnoimalla koneen kunnon muutoksia.

Systemaattinen kunnonvalvonnan harjoittaminen lähtee käyntiin opinnäyte-työn pohjalta konepajalla. Alkuvaiheessa viidelle koneelle suoritettava kun-nonvalvonta näyttää hyvää esimerkkiä toiminnan mahdollisuuksista ja samalla se tutustuttaa työntekijöitä kunnonvalvonnan periaatteisiin. Oppimalla uutta voidaan asioita viedä yhä eteenpäin ja näin koko konepajan konekannan kun-nossapitotoiminta tehostuu ja liiketoiminnan kannattavuus paranee.

LÄHTEET

Metso lyhyesti. 2012. Metson kotisivut. Viitattu 8.10.2012.

http://www.metso.com/fi/corporation/about_fin.nsf/WebWID/WTB-041026-2256F-55957?OpenDocument

Rautapohjan Intranet. 2012. Rautapohjan esittely. Viitattu 8.10.2012.

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja N:o 13.1. painos. Kunnossapitoyhdistys Promaint.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2011. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja N:o 10.4. lisäpainos. Kunnossapito yhdistys Ry.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. Painos. PSK Standardisointiyhdistys ry Helsinki.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. Painos. PSK Standardisointiyhdistys ry Helsinki.

Mäki, K., Marjakoski, M. 2010. Moderni kunnossapito. Koulutusmateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Teknologiayksikkö.

Moubray, J. 1997. RCM II Reliability- centered maintenance.

Rossi, A. 1993. Ennakoiva kunnossapito konepajassa. Metalliteollisuuden keskusliitto.

PSK 5704. 2002. Kunnonvalvonta. Värähtelymittaus. Vastaanottotarkastus ja tärinärasitusrajat. 6. painos.

PSK 5702. 2007. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Mittauspaikan valinta ja tunnistaminen. 3. painos.

Nohynek, P., Lumme, V-P. 1996. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset.

PSK 5705. 2006. Kunnonvalvonta. Värähtelymittaus. Mittaustoiminnan suunnittelu. 5. painos.

PSK 5709. 2004. Kunnonvalvonta. Toiminnan tehokkuuden seuranta ja ohjaus. Tunnusluvut. 3.painos.

Elo, L., Rinkinen, J. 2012. Öljyanalyysit mittaavan kunnossapidon työkaluna. Koulutusmateriaali AEL.fi.

Vesala, M. 2012. Öljyanalyysit mittaavan kunnossapidon työkaluna. Fluidlab. Koulutusmateriaali AEL.fi.

Smith, A., Hinchcliffe, G. 2004. RCM - Gateway to world class maintenance.

Parikka, R., Vidqvist, V. 2004. Anturit ja mittauslaitteet öljyjen kunnonvalvon-
nassa. Viitattu 14.12

[http://www.fluidfinland.fi/wp-content/uploads/2012/01/1.Anturit-ja-
mittauslaitteet-%C3%B6ljyjen-kunnonvalvonnessat.pdf](http://www.fluidfinland.fi/wp-content/uploads/2012/01/1.Anturit-ja-mittauslaitteet-%C3%B6ljyjen-kunnonvalvonnessat.pdf)

Empiirinen tutkimus. 2013. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 7.1.2013

[https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimuss
trategiat/empiirinen-tutkimus](https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimuss
trategiat/empiirinen-tutkimus)

Laadullinen tutkimus. 2013. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 7.1.2013

[https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimuss
trategiat/laadullinen-tutkimus](https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimuss
trategiat/laadullinen-tutkimus)

Stjernberg, T. 2000. Lämpökamera kunnossapidon työkaluna. Kunnossapitokoulu 4.

Elo, L., Rinkinen, J. 2006. Hydraulioöljyn kunnonvalvontamenetelmät liikkuvassa kalustossa. Kunnossapito 7, 18-22.

LIITTEET

Liite 1. Kunnonvalvontasuunnitelma

S-254

Kunnonvalvontakohteita:

- Pääkaran painelaakereiden värähtelymittaus
 - Laakerit saavat iskuja, kun tela kiinnitetään pakkaan. Lisäksi karalla on suuri vaikutus laaduntuottokykyyn. Vikaantuessaan aiheuttaa seisokin.
 - Kunnonvalvonta suoritetaan reittimittauksin puolikiinteän anturinnin avulla, koska koteloinnin takia anturin paikka on vaikea
 - Värähtelymittaukset suoritettava eri kierrosalueilla, jotta saadaan kokonaiskuva koneen kunnosta
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kuukautta, johtuen laakereiden keskimääräisestä P-F ajasta
- Öljyanalyysi karalaatikolta
 - Reittimittauksin, puolivuositain → Apuna vuosihuollon suunnittelussa: onko öljyt tarpeen vaihtaa vuoden välein?
 - Antaa tietoa karan sisäelimien kunnosta
- Paineenmittaus sisäsorvin tankoihin (työntöpaineen mittaus)
 - Koneistaja näkee paineenvaihtelut reaaliajassa, jos esim. lastuja välissä niin paine nousee → Online-mittaus, digitaalinäyttö jonka koneistaja voi nähdä valvontakopista
 - Olisi myös hyvä selvittää miksi lastuja pääsee väliin!

- Pääkäytön laakerit
 - Vikaantuessaan aiheuttaa välittömän seisokin ja korjauskustannuksia
 - Reittimittauksin, kannettavalla mittalaitteella, käyttöä ja vaapaapää
 - Mittauskohdat merkittävä huolellisesti
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
- Kiertovoitelun visuaalinen seuranta (öljynpaine, öljyntaso öljysilmässä)
 - Vaikuttaa koneen toimintaan ja kuntoon
 - Myös puhtaanapito tärkeää!
 - Tarkastukset tehtävä vähintään viikoittain
 - Lisättävä viikkohuollon piiriin!

Muita huomioita koneesta:

- Emupumpun ongelmat: vuotanut, kolisee välillä
 - Tulisi tutkia syy
- Emun sekaan menee likaa
 - Suodatinjärjestelmän kehittäminen
- Telaa pyörittävät rullalaakerit saavat iskuja, kun telaa asennetaan paikoilleen
 - Huolellisuuden parantaminen
 - Iskunvaimennin ottamaan vastaan suurimman iskumaisen kuorman
- Sisäsorvin käyttömoottorin kunnonvalvonta voidaan tarvittaessa ottaa käyttöön
- Johtoruuvien moottorit: vähän käytössä, mutta ovat pitäneet melua kun tarvittu
 - Tulisiko tehdä kuntokartoitus?

S-259**Kunnonvalvontakohteita:**

- Öljyanalyysi: kulmavaihde, karalaatikko
 - Reittimittauksin, puolivuositain → Dataa vuosihuoltoon: onko öljyt tarpeen vaihtaa vuoden välein
 - Lisäksi analyysi kertoo karan sisäelimien kunnosta
- Uusien servomoottorien kunnonvalvonta jatkossa (värähtelymittaukset)
 - Kriittisiä koneen toiminnan kannalta
 - Reittimittauksin, kannettava mittalaite
 - Mittaväli 3-4 kk
- Olemassa olevien antureiden hyödyntäminen jatkossa
 - Mittaavat karan laakereiden värähtelyjä: telaa kiinnitettäessä laakerit saavat kovia iskuja
 - Puolikiinteä anturointi karalla (4 kpl antureita)
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
- Käyttömoottorin värähtelymittaus
 - Vikaantuessaan aiheuttaa välittömän seisokin ja korjauskustannuksia
 - Reittimittauksin, kannettavalla mittalaitteella, kp ja vp
 - Mittauskohdat merkittävä huolellisesti
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
- Karan kiertovoitelun varmistus
 - Tarvitaan painemittari joka kertoo öljyn kierrosta
 - Paine tarkastettava viikkohuoltojen yhteydessä
 - Kiertovoitelulla suuri vaikutus karan kuntoon

- Lisäksi öljytasojen seuranta tärkeää
 - Tulee lisätä viikkohuoltoon!

Muita huomioita koneesta:

- Päämoottorin jarru laahaa
 - Jarrulevyjen kanssa ollut ongelmia. Pitäisi tutkia mikä vikana!
 - Vikailmoitus tehty, mutta ongelmat eivät ole poistuneet.
- Sähkökaappiin otetaan ilma ulkoa. Onko liian kylmää? → Ilman esi-
lämmitys
- Karan puhallin usein tukossa → Ilma voitaisiin ottaa esim. viereisen
seinän takaa
- SisäSORVAUSSYÖTTÖ seilaa pienellä syötöllä → Tulisi tutkia syy!
- Öljyä vuotanut karalaatikolta runsaasti. Tulisi tutkia syy!
- Rullat ovat saaneet iskuja → Huolellisuus/iskunvaimennus
- Kärkipainemittari toimii, mutta koneistajat epäilevät näyttääkö oikein?
 - Tulisi tutkia/kalibroida
- Otsapintojen ajossa laatuongelmia. Ongelmat alkoivat kun pakka vaih-
dettiin.
 - Kovaa ajettaessa pinnan laatu kärsii (pakka seilaa?)
- Johteiden puhtauden kanssa ollut ongelmia, teettää paljon töitä
 - Ennakkokaavaus?

HI-96**Kunnonvalvontakohteita:**

- Pääkaran liukulaakereiden kunnonvalvonta
 - Laakereiden kunto vaikuttaa laaduntuottokykyyn. Lisäksi vikaantuessaan aiheuttaa välittömän seisokin ja korjauskustannuksia
 - Värähtelymittaukset puolikiinteällä pyörrevirtaanturoinnilla
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
 - Myös lämpötilan seuranta kertoo laakereiden kunnosta ja kiertovoitelun toimivuudesta
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
 - Öljynpainemittarin seuranta, vaikuttaa laakereiden kuntoon → tulee lisätä viikkohuoltoon
- Karan öljyanalyysi paluulinjasta
 - Reittimittauksin, puolivuositain → dataa vuosihuoltoon
 - Lisäksi analyysi kertoo karan sisäelimien kunnosta
- Pääkäytön laakereiden värähtelymittaukset
 - Vikaantuessaan aiheuttaa välittömän seisokin ja korjauskustannuksia
 - Reittimittauksin, kannettavalla mittalaitteella, kp ja vp
 - Mittauskohdat merkittävä huolellisesti
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
- Pyöritysmoottorin laakereiden värähtelymittaukset
 - Vikaantuessaan aiheuttaa välittömän seisokin ja korjauskustannuksia
 - Reittimittauksin, kannettavalla mittalaitteella, kp ja vp

- Mittauskohdat merkittävä huolellisesti
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
- Urituslaitteen laakereiden värähtelyt
 - Urituslaite kriittinen telan urituksessa
 - Reittimittauksin, kannettavalla mittalaitteella
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk

Muita huomioita koneesta:

- Emupumppu tuottanut paljon ongelmia: usein tukossa ja vuotaa
 - Ei olla tehty mitään, koska takuu voimassa. Mitä voidaan tehdä jatkossa?
 - parempi suodatus
 - paineilmaletku jolla koneistaja voisi putsata lian pois tarvittaessa
- Kelkka vapisee hiljaa ajettaessa. Voiteluongelmia?
- Iso puhallin kelkassa tärisyttää koko kelkkaa. Vaikuttaako laatuun?
- Johdeöljyjen seassa ollut vettä, mistä johtuu?
- Pääkaran ja kardaanin välyksen tarkastelu, miten toteutetaan?

LP-30

Kunnonvalvontakohteita:

- Syöttömoottorin laakereiden värähtelymittaukset
 - Vikaantuessaan aiheuttaa välittömän seisokin ja korjauskustannuksia
 - Reittimittauksin, kannettavalla mittalaitteella, kp ja vp
 - Mittauskohdat merkittävä huolellisesti
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
- Pääkaran öljyanalyysi
 - Reittimittauksin, puolivuositain → dataa vuosihuoltoon
 - Selvitettävä paras näytteenottopaikka (öljysäiliö?)
 - Voidaanko tehdä hana jonka avulla näyte helpompi ottaa säiliöstä?
 - Lisäksi analyysi kertoo karan sisäelimien kunnosta
- Karan värähtelymittaus
 - Karalla vaikutus laaduntuottokykyyn
 - Jos päällä törmätty mittaukset tulee suorittaa pikimmiten
 - Mittaukset reittimittauksin
 - Mittapaikka merkittävä huolellisesti: mittaukset tehtävä samoista paikoista kuin viimeksi. (Paikat tiedossa Jose Niinisellä)
 - Mitattaessa käytettävä aina samaa ohjelmaa, kuormitusta ja työkalua
 - Mittaväli 3-4 kk
- Karan ja kulmapään lämpökuvaus
 - Vaikutus laatuun

- Käytettävä samaa työkalua ja kuormitusta, jotta saadaan vertailukelpoista dataa
 - 4 kpl eri kulmapäitä, joten otettava aina ID muistiin mitä käytetty
 - Mittaukset 800-1200 kierrosalueilla (onko ramppi?)
- Reittimittauksin
 - Mittaväli 6 kk
- Kulmapäiden tarkkuuksien tarkastus
 - 3 kk:n välein, siihen tarkoitettun työkalun avulla
 - Tarkkuuksien oltava kunnossa jotta laaduntuottokyky pysyy hyvänä

Muita huomioita koneesta:

- Emusäiliöt usein tyhjänä
 - Tulisiko emua olla enemmän → suurempi säiliö?
- Emujärjestelmän tukokset (monta konetta samassa järjestelmässä)
- Hydraulikkaöljyn analysointi?
 - Suodattimet usein tukossa, vettä/ilmaa öljyssä?
- Arrowin vikahistoriaa voitaisiin seurata tarkemmin, usein toistuvia vikoja ollut.
 - Esim. hydrostatiikan suodattimet usein tukossa
- Etujohteissa usein lastuja, syy ehkä pellityksissä
 - Tsekattava useammin! → työtilaus Arrowiin 3kk:n päähän (14.12)

LP-31

Kunnonvalvontakohteita:

- Karan värähtelymittaus
 - Karalla vaikutus laaduntuottokykyyn
 - Jos päällä törmätty tulee värähtelymittaus suorittaa tarvittaessa
 - Mittaukset reittimittauksin
 - Mittaväli: 3-4 kk
 - Mittapaikat merkittävä huolellisesti
- Hydrostaatiikan vesimäärän valvonta
 - Öljyssä usein vettä → Online-mittaus
 - Mittaria valvottava väh. viikkohuollon yhteydessä
- Karan öljyanalyysi
 - Puolivuositain, reittimittauksin → dataa vuosihuoltoon
 - Lisäksi analyysi kertoo karan sisäelimien kunnosta
- Pääkäytön värähtelymittaus
 - Vikaantuessaan aiheuttaa välittömän seisokin ja korjauskustannuksia
 - Reittimittauksin, kannettavalla mittalaitteella, kp ja vp
 - Mittauskohdat merkittävä huolellisesti
 - Mittaväli alustavasti 3-4 kk
- Karan ja kulmapään lämpökuvaus
 - Vaikutus laatuun
 - Käytettävä samaa työkalua ja kuormitusta, jotta saadaan vertailukelpoista dataa

- Reittimittauksin
 - Mittaväli 6 kk
- Kulmapäiden tarkkuuksien tarkastus
 - 3 kk:n välein, mittapallon avulla, törmäyksen jälkeen tarkastus välittömästi
 - Tarkkuuksien oltava kunnossa jotta laaduntuottokyky pysyy hyvänä

Muita huomioita koneesta:

- Voittaisiin ottaa käyttöön ns. havaintoilmoitus
 - Ilmoitus tehdään ennen kuin vika on päällä. Ennakointi paranee, dokumentoidaan alkavat viat ja oireet. Esimerkki: Emupumppu pitää outoa ääntä. (Pienetkin poikkeamat voitaisiin kirjata myös viikkohuollon ulkopuolella, esim. päivittäin Arrowiin)
- Tärkeintä ennakko- huoltoa on koneen puhtaanapito ja huolto-ohjeiden noudattaminen.
- Teleservice olisi hyvä saada tälle koneelle.
 - Päiden heitto ollut ongelmana

Muuta tietoa kunnonvalvontakohteista

- Laakereiden värähtelymittaukset: Reittimittaukset alustavasti kolmen kuukauden välein, myöhemmin mittaväliä voidaan tarkentaa kokemuksen karttuessa. Jos jotain poikkeavaa ilmenee, on mittaväliä tihennettävä! Mitattava myös pintalämpötila laakereiden kohdalta!
- Vesivahti, öljyn vesimäärän online-mittari, voitaisiin lisätä jokaisen koneen karalaatikolle, koska vesi saattaa tulla järjestelmään nopeasti ja tehdä paljon tuhoa. Laajempia öljyanalyysyjä voitaisiin toteuttaa alustavasti puolen vuoden välein. Myöhemmin mittaväliä voidaan muuttaa, mutta vähintään kerran vuodessa ennen vuosihuoltoa, jotta tiedetään onko öljyjä tarpeen vaihtaa. Öljyanalyysyjä voidaan tehdä myös tarpeen mukaan: jos esimerkiksi halutaan paikallistaa vika, voi öljyanalyysistä olla apua.
- Koneiden sähkökaapit kuvataan lämpökameralla puolivuositain. Kokemuksen karttuessa mittaväliä voidaan täsmentää.
 - Voidaan huomata esim. löysät liitokset
 - Sähkökaapit kuvataan kuormituksessa (oltava aina vakio, esim. testikappaletta työstettäessä)
 - Sähköalan koulutus vaaditaan
- Koneilla voitaisiin ajaa testikappaletyöstö kerran vuodessa, jotta saadaan tietoa koneen tarkkuuksista
- Raja-arvot
 - Perustuvat pitkälti kokemukseen ja trendien seurantaan
 - Poikkeavuuksiin reagoiminen: tarkemmat tutkimukset, toimenpiteet
- Toistettavuus
 - Mittaukset samoissa olosuhteissa ja kuormituksessa
 - Mittauspaikat merkittävä huolellisesti
- Dokumentointi/trendiseuranta/reititys Arrowiin. Excelin avulla.
- Kunnonvalvonnan mittarointi

- Käytettävyys, KNL
- Ennakoivan kunnossapidon kustannukset vs. Korjaavan kunnossapidon kustannukset
- PSK 5709 apuna

Liite 2. Kokemusperäinen RCM

PART A						
Ovatko nykyiset ennakkohuoltotoimenpiteet perusteltuja/kannattavia?						
Ennakkohuolto on kannattava jos löydetään selvä vikamuoto jota pyritään estämään (3) ja EH on taloudellisesti kannattavaa (5).						
RTF=ajetaan vikaan	EH=ennakkohuolto					
1	2	3	4	5	6	7
Ennakkohuoltotehtävä	Mihin komponenttiin EH:lla vaikutetaan?	Vikamuoto jota pyritään estämään	Vian seuraus	Onko ennakkohuolto halvempaa kuin RTF? (K/E) Miksi?	EH OK? RTF? EH ei kannattava? Muuta EH:ta?	Parannusehdotus?
Värähtelymittaus	Karan laakeri	Jumiutuminen, kuluminen	Laakeririkko, myös muita koneenosia voi rikkoutua -> tuotannonmenetykset	K, aiheutuu pitkä seisakki, koska laakeri voi olla vaikeasti saatavilla, laakeri voi olla kallis	EH OK	
	Sähkömoottorin laakeri	Kuluminen, jumiutuminen	Sähkömoottori pysähtyy -> seisakki	K, moottori usein kallis korjata, aina ei ole varamoottoria varastossa	EH OK	
Öljyanalyysi	Karalaatikko	Kuluminen	Seisakki	K, saadaa tietoa karan sisäelimiä kunnosta, öljyanalyysi halpaa suhteessa esim. laakeririkkoon, optimoidaan öljyjen vaihtovälit	EH OK	
Lämpökuvaus	Sähkökaapin liitokset	Löystynyt	Valokaari, virtapiikki -> kortti voi palaa	K, Kortin valmistus voi olla loppunut, käytetyt kortit ovat hauraita	EH OK	
	Kara ja kulmapää	Vääntynyt	Tarkkuudet kärsivät	K, vaikuttaa laaduntuotokkyyn	EH OK	
Öljynpaineen tarkastus	Karan öljy	Jos paine laskee niin öljy ei kierrä kuten pitäisi	Esim. laakeririkko -> seisakki	K, kiertovoitelun toimimattomuus voi johtaa useiden karalaatikon osien rikkoutumiseen	EH OK	
Työkoneiden tarkkuuksien testaus	Kulmapää	Vääntynyt	Huono laatu	K, laaduntuotokkyky pysyy korkeana	EH OK	
Järjestelmässä olevan vesimäärän seuranta	Öljy	Vettynyt	Osien kuluminen, rikkoutuminen	K, Vesi on erittäin haitallista koneelimille öljyn seassa	EH OK	
Öljyn lämpötilan seuranta	Liukulaakerin kiertovoitelu	Kuumentunut	Laakeririkko, myös muita koneenosia voi rikkoutua -> tuotannonmenetykset	K, Lämpötilan nousu kertoo ongelmista voitelussa	EH OK	